ANNALES
DE
ZOOLOGIE
ÉCOLOGIE ANIMALE

VOLUME 2 1970 NUMÉRO 3
TRIMESTRIEL

Chaire d'Agriculture

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

AZEA2.3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

149, rue de Grenelle, PARIS-VII^e. Tél. : INV. 41-09.

Directeur général : J. BUSTARRET

Inspecteurs généraux : A. CAUDERON, G. DROUINEAU, R. FÉVRIER, P. MORNET, R. PÉRO

Rédaction des Annales

Pour l'ensemble des Séries : J. BUSTARRET

Annales agronomiques.

— M. HALLAIRE, Chef du Département de Bioclimatologie.
— S. HÉNIN, Chef du Département d'Agronomie.

Annales de l'Amélioration des Plantes.

— R. MAYER, Chef du Département de Génétique et d'Amélioration des Plantes.

Annales de Phytopathologie.

— H. DARPOUX, Chef du Département de Pathologie végétale.

Annales de Zoologie - Écologie animale.

— E. BILIOTTI, Chef du Département de Zoologie.

Annales de Zootechnie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— A.-M. LEROY, Professeur honoraire à l'Institut national agronomique.
— A. RÉRAT, Directeur de la Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, C. N. R. Z.

Annales de Technologie agricole.

— P. DUPUY, Directeur de la Station de Technologie des Produits végétaux, Centre de Recherches de Dijon, 7, rue Sully.
— A. GUILBOT, Directeur de la Station de Biochimie et Physicochimie des Céréales et de leurs Dérivés, C. E. R. D. I. A., Le Noyer-Lambert, 91 - Massy.
— G. MOCQUOT, Chef du Département de Technologie des Produits animaux.

Annales de Biologie animale, Biochimie, Biophysique.

— A. FRANÇOIS, Chef du Département de Recherches de Nutrition.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.

Annales des Sciences forestières.

— P. BOUVAREL, Directeur de la Station d'Amélioration des Arbres forestiers, C. N. R. F.
— J.-P. CHESNEAU, École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 54 - Nancy.
— J. PARDÉ, Directeur de la Station de Sylviculture et de Production, C. N. R. F.

Annales de Génétique et de Sélection animale.

— J. POLY, Chef du Département de Génétique animale.

Apidologie (Revue franco-allemande, co-édition I. N. R. A.-Deutscher Imkerbund).

— J. LOUVEAUX, Directeur de la Station de Recherches sur l'Abeille et les Insectes sociaux, 91 - Bures-sur-Yvette.

Annales de Recherches vétérinaires.

— P. MORNET, Inspecteur général de la Recherche agronomique.

Annales d'Hydrobiologie.

— R. FÉVRIER, Inspecteur général de la Recherche agronomique.
— C. THIBAULT, Chef du Département de Physiologie animale.
— R. VIBERT, Directeur de la Station d'Hydrobiologie continentale, 64 - Biarritz.

Recherches d'Économie et de Sociologie rurales.

— D. BERGMANN, Chef du Département d'Économie et de Sociologie rurales.

ADMINISTRATION ET SECRÉTARIAT DE LA RÉDACTION :

Service des Publications de l'I. N. R. A., route de Saint-Cyr, 78 - VERSAILLES, Tél. : 950-75-22

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (1), 25-50.

ERRATUM

HISTOLOGIE ET ACTIVITÉ SECRÉTOIRE DE L'INTESTIN MOYEN DES LARVES DE *PIERIS BRASSICAE* ET *GALLERIA MELLONELLA*. ÉVOLUTION AU COURS DE LA MUE LARVAIRE ET DE LA NYMPHOSE CHEZ *GALLERIA MELLONELLA*

G. PLANTEVIN et P. NARDON

Laboratoire de Biologie,
Institut national des Sciences appliquées, 69 - Villeurbanne

LISTE DES ABRÉVIATIONS POUR LES FIGURES

a. e. : ancien épithélium
b. : basale
b. g. : bourgeon de sécrétion
b. s. : bordure striée
c. a. : complexe apical
c. b. : cellule basale
c. c. e. : complexe cytoplasmique expulsé
c. f. : cellule caliciforme
c. l. : cellule cylindrique
c. l. f. : cellule cylindrique en formation
e. d. : épithélium en voie de digestion
e. l. : épithélium larvaire
e. p. : épithélium pronymphal
f. f. : flaque fuchsinophile
g. : glycogène
g. c. : grain compact
g. m. c. : gaine musculo-conjonctive
g. o. : grains oranges
g. o. e. : grains oranges expulsés
m. : mitose
m. c. : musculature circulaire
m. l. : musculature longitudinale
n. a. : nid activé
n. b. r. : nid de cellules basales reconstitué
n. c. b. : noyau de cellule basale
n. c. e. : noyau de cellule épithéliale
n. e. : nouvel épithélium
r. c. f. : réseau des cellules caliciformes
r. c. l. : réseau des cellules cylindriques
r. e. : repli éliminé
s. : sécrétion
v. a. : vacuole apicale
v. m. : vacuole métachromatique

ANNALES
DE
ZOOLOGIE
ÉCOLOGIE ANIMALE

VOLUME 2 1970 NUMÉRO 3

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
149, rue de Grenelle, PARIS-7e

Ann. Zool.-Écol. anim., 1970, **2** (3), 303-308.

MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE DE LUTTE CONTRE LA PYRALE DU MAÏS (*O. NUBILALIS* HBN). COMPTE RENDU D'ACTIVITÉ DU GROUPE DE TRAVAIL PYRALE DU MAIS

P. ANGLADE

Station de Zoologie,
Centre de Recherches de Bordeaux, 33 - Pont-de-la-Maye
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Cette note présente brièvement les résultats obtenus par un groupe de travail sur la Pyrale du Maïs. Après un bref rappel de la situation de la Pyrale en France, l'essentiel de la méthode de lutte est exposé : utilisation de formulations granulées, intervention unique au stade « fin de cornet », possibilité d'utilisation de divers insecticides classiques ou de *Bacillus thuringiensis*, définition des concentrations et des doses, essai d'adoption de critère préventif de nécessité d'intervention.

Un groupe de travail, comprenant des représentants de l'Association des Producteurs de Maïs, de diverses disciplines de l'Institut national de la Recherche agronomique et du Service de la Protection des Végétaux, a été créé en 1964 pour élaborer une méthode de lutte contre la Pyrale du Maïs. La présente publication cherche à faire le point sur ses travaux. Pour plus de détails, on se reportera aux publications signalées dans la bibliographie.

On peut schématiquement distinguer, dans la répartition de la Pyrale en France, une zone où l'insecte paraît strictement univoltin (Alsace), une zone où prévaut très largement le type de développement à une seule génération annuelle (du Lyonnais à la Franche-Comté), une zone où se développent habituellement deux générations (basse vallée du Rhône, Languedoc). Partout ailleurs (Sud-Ouest, bassin parisien), l'insecte présente une première génération dont un pourcentage variable de larves entrent en diapause, selon les lieux et les années. La deuxième génération partielle, issue des chenilles non-diapausantes, peut elle-même, selon les cas, aboutir à des insectes capables ou non d'hiverner.

Les plus hauts niveaux de population se rencontrent dans la zone à une génération où des taux moyens d'infestation de 3 à 7 chenilles par plante à la récolte sont fréquents. La bonne adaptation de l'espèce aux climats continentaux par sa diapause, l'absence de parasites efficaces, la culture de variétés sensibles sont autant d'éléments d'explication de ces populations importantes.

Dans les autres régions, la présence de nombreux entomophages, et en particulier le rôle très efficace de la tachinaire *Lydella thompsoni* (30 p. 100 de parasitisme sur les chenilles hivernantes dans la région bordelaise), contribue au maintien de niveaux assez faibles de population, généralement très inférieurs à 1 chenille par plante à la récolte. Les larves hivernantes y paraissent soumises à des infections pathogènes diverses, en particulier par *Beauveria*. Les variétés tardives y sont peut-être plus tolérantes.

La présence des chenilles de Pyrale entraîne, suivant la précocité de l'infestation, des diminutions du nombre d'épis formés, du nombre de grains par épi, du poids de 1 000 grains. Selon les interactions entre les taux d'infestation, la tolérance de la variété et les conditions climatiques et culturales, peuvent se produire des chutes d'épis et des casses de tiges gênantes pour la récolte mécanique. Les pertes globales ont pu être estimées par comparaison entre les rendements de parcelles témoins et de parcelles traitées. Les données obtenues (celles du tableau 1 en sont un exemple) justifient une intervention dans les cas où la population est telle qu'on peut retrouver plus de 1 à 2 larves par plante à la récolte, suivant la tolérance des variétés.

TABLEAU I

Augmentations de rendement obtenues par traitement insecticide sur la variété I. N. R. A. 258 *dans le Jura*

	1966	1967	1968	1969
Nombre de chenilles par plante à la récolte sur plantes témoins	3,2	3,0	1,5	0,9
Rendement des parcelles témoins (q /ha grain 15 p. 100 h)	46	37	66	77
Rendement des parcelles traitées (q /ha grain 15 p. 100 h)	67	58	73	85
Augmentation de rendement q /ha sur parcelles traitées	19	21	7	8
Pourcentage de perte de rendement sur parcelles témoins	28	36	10	9

Pour la mise au point de la méthode de lutte, une continuité a été réalisée entre les essais sous infestations artificielles (I. N. R. A. CANGARDEL) les expérimentations parcellaires de plein champ et les essais pratiques (Service de la Protection des Végétaux). Les essais en infestation artificielle ont été pratiqués généralement par apport d'œufs mais aussi de chenilles à différents stades, soit en microparcelles, soit sous cage. Ils ont cherché à préciser la période d'intervention en fonction du stade de développement du Maïs, à reconnaître les concentrations et les doses souhaitables. La réalisation des essais parcellaires a bénéficié de l'expérience acquise dans les essais de com-

portement de variétés ; les conditions de peuplement, de taille des parcelles, de nombre de répétitions etc. ont pu être définies et figurent dans la méthode d'essais d'efficacité pratique d'insecticides destinés à combattre la Pyrale du Maïs, déposée à la Commission des essais biologiques de la Société de Phytiatrie et Phytopharmacie. Par cette technique, on a établi en plein champ la possibilité de n'envisager qu'un unique traitement, puis on a vérifié les résultats précédemment obtenus en infestation artificielle. Enfin, les essais pratiques ont comparé divers modes d'épandage et étudié les répartitions d'insecticides sur les plantes.

Fort de l'expérience américaine, on a recherché une méthode basée sur l'utilisation de formulations granulées. Ces formulations doivent être composées de particules inertes, calibrées entre les tamis 30 et 60, de dimensions les plus uniformes possibles, imprégnées d'insecticides à dosage assez faible (5 p. 100 par ex.) et de densité suffisamment élevée pour obtenir, en application aérienne, une chute verticale du produit. Ainsi, une assez forte proportion des granulés se rassemble dans le cornet des feuilles ou à la base des feuilles dégagées. Cette répartition et cette formulation libérant lentement le produit actif conviennent admirablement, en plaçant et en maintenant, au cours de la croissance de la plante, l'insecticide actif aux différents sites de prise de nourriture de la larve.

La rémanence obtenue par cette présentation rend beaucoup moins aiguë la nécessité d'une détermination exacte des dates d'intervention. Cette remarque offre une plus grande souplesse que les poudrages ou pulvérisations utilisées jusqu'alors. Cependant, avec pour objectif un traitement unique, une période optimale d'intervention devait être établie. Pour cela, il fallait tenir compte à la fois des périodes d'activité des adultes et des stades de développement de la plante.

On a en effet montré que la meilleure répartition du granulé paraît être obtenue par un traitement précoce au stade « fin de cornet ». Le granulé est mieux retenu à l'aisselle des feuilles encore dressées et celui qui tombe dans le cornet est, par suite de la croissance de la plante, automatiquement réparti aux aisselles des feuilles supérieures. Par ailleurs, les taux de survie larvaire varient selon le stade végétatif. Dans l'ensemble ils atteignent une valeur maximale au stade « panicule visible dans le cornet des feuilles » pour décroître lentement ensuite.

Les périodes d'activité des adultes peuvent être décelées par le contrôle des sorties printanières à partir d'un stockage de tiges de maïs infestées. Elles ont été particulièrement étudiées en Alsace. Toutefois, cela implique des conservations dans les conditions les plus proches possibles des conditions naturelles et des effectifs suffisants à cause de la mortalité hivernale. Il a, en effet, été constaté plusieurs fois des dégâts en plein champ avant l'apparition du premier adulte dans les cages d'observation.

D'autre part, le rapprochement des observations sur la végétation de variétés couramment cultivées semées à date normale et des sorties printanières de l'insecte montre un certain parallélisme entre les deux phénomènes.

C'est pourquoi on a été conduit à adopter le stade « 50 p. 100 de panicules visibles dans les cornets des feuilles » comme date moyenne d'application d'un traitement unique à base de granulés insecticides, tout d'abord pour uniformiser les expérimentations dans les différentes régions, puis comme recommandation pratique. Pour des applications faites à ce stade, une dose de 30 kg/ha de granulés à base de DDT (5 p. 100 et 2,5 p. 100), d'heptachlore (5 p. 100), de parathion (5 p. 100 et 2,5 p. 100)

donne satisfaction. Il semble d'ailleurs que la répartition sur la plante, dépendante de la nature du support et du calibrage, ait plus d'importance que la concentration en MA.

De tels traitements ne sont recommandables que dans la zone à une génération, à parasitisme faible. Craignant l'extension possible des dégâts dans de nouvelles zones de culture, nous avons demandé à l'industrie d'envisager la préparation de formulations granulées de *Bacillus thuringiensis* capables de rivaliser avec les insecticides chimiques. Les résultats de trois ans d'expérimentation de granulés à 500 UAEk sont très prometteurs. Les populations paraissent être réduites au-dessous du seuil économique : les rendements des parcelles traitées sont comparables à ceux obtenus avec les insecticides chimiques, les populations résiduelles doivent permettre le développement des entomophages. La commercialisation, souhaitée prochaine, de telles formulations permettrait d'envisager, semble-t-il sans inconvénient, la lutte contre la Pyrale partout où elle paraîtrait souhaitable.

A ce propos, la nécessité d'un critère préventif de la rentabilité de l'intervention insecticide n'a pas échappé au groupe de travail. Des dénombrements des pontes présentes sur les plantes ont été préconisés. Des premiers essais réalisés dans le Lyonnais, le Jura et l'Alsace, c'est seulement en Alsace que STENGEL (1970) a réussi à démontrer une liaison relativement stricte entre le nombre de pontes et les baisses de rendement. De tels critères doivent faire l'objet d'études locales et tenir compte des conditions de culture, des variétés etc. Leur adoption peut conduire à aménager en conséquence la méthode globale de traitement actuellement définie.

Il faut enfin rappeler que les interventions chimiques ou bactériologiques ne doivent venir qu'en complément de mesures de lutte culturale tendant à abaisser les niveaux de population. En effet le broyage et l'enfouissement précoce des tiges et de tous restes de récolte contenant des chenilles hivernantes, à la condition d'être généralisés et soigneusement exécutés, provoquent une forte mortalité. Des germes pathogènes infectent les chenilles enfouies, celles qui remontent en surface sont plus facilement détruites par les prédateurs.

Depuis quelques années enfin, des recherches ont été entreprises sur la résistance du Maïs à la Pyrale. Par les techniques d'infestation artificielle, on peut juger les lignées fixées ou en cours de sélection et éprouver les hybrides. On peut espérer obtenir des hybrides commerciaux plus résistants ou plus tolérants que les variétés précoces sensibles actuellement cultivées.

Reçu pour publication en mars 1969.

SUMMARY

METHOD OF CONTROL OF THE EUROPEAN CORN BORER (*OSTRINIA NUBILALIS* HBN) PROCEEDINGS OF THE ACTIVITY OF THE WORKING GROUP « EUROPEAN CORN BORER »

This note gives briefly the results obtained by a working group on the European corn borer in France. After a short comment on the bionomics of the european corn borer in France, the principal features of the control are exposed : use of granulated formulations, one tratement only at the « 50 p. 100 tassel » stage — possiblility of utilizing some classical pesticides or *Bacillus thuringiensis* — concentrations and doses to be used — attempt to get a valuable criteri-onto forecast the necessity of insecticide application.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGLADE P., 1958. Influence de l'enfouissement des tiges sur l'hivernation et la survie des chenilles endophytes (*P. nubilalis* HBN et *S. nonagrioides* LEF.). *Ann. Épiphyties*, 371-385.

ANGLADE P., 1961. Essais d'application d'une méthode de jugement des lignées de Maïs par notation des dégâts provoqués par infestation artificielle de Pyrale. *Rev. Zool. agric.*, **60**, 139-150.

ANGLADE P., 1962. Orientations des recherches françaises sur la résistance du maïs à la Pyrale et à la Sésamie. *C. R. Conférence Eucarpia Maïs* ; Rome.

ANGLADE P., 1966. Compte rendu d'activité du groupe de travail sur la lutte contre la Pyrale du Maïs (1964-1966). *Rev. Zool. agric.*, **65**, 98.

ANGLADE P., 1969. Présentation des résultats des expérimentations 1966-1968 et bilan de l'activité du Groupe de travail sur la Pyrale du Maïs. *Rev. Zool. agric.*, **68** (sous presse).

ANGLADE P., BEAUCHARD J., CANGARDEL H., GIREAU R., HUCHLY J., LUCAS J. R., RIFFIOD G., 1966. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) par granulés insecticides. III. Expérimentation en plein champ de l'efficacité d'un traitement unique et de la détermination de sa date d'application. *Rev. Zool. agric.*, **65**, 103-110.

ANGLADE P., BENAS G., CANGARDEL H., GOIX J., 1966. Présence de la Pyrale sur les cultures de Maïs du Bassin parisien. *Rev. Zool. agric.*, **65**, 126-127.

ANGLADE P., CANGARDEL H., 1966. Valeurs respectives des variétés résistantes de la lutte chimique et de leur combinaison dans la réduction des populations de la Pyrale du Maïs. (*O. nubilalis* HBN). Premiers essais sur infestation artificielle. *Rev. Zool. agric.*, **65**, 122-125.

ANGLADE P., HADZISTEVIC D., 1969. International cooperative study of resistance to the European corn borer (*O. nubilalis* HBN) of several European inbred lines of Maize. *C. R. Conf. EPPO/Eucarpia* SVALÖV (sous presse).

ANGLADE P., MOLOT P. M., 1967. Mise en évidence d'une relation entre les sensibilités de lignées de maïs à la Pyrale (*Ostrinia nubilalis* HBN) et à l'helminthosporiose (*Helminthosporium turcicum* PASS). *Ann. Épiphtyies*, **18**, 3, 279-284.

ANGLADE P., MOLOT P. M., 1967. Facteurs biochimiques de résistance du maïs commune à certains insectes et cryptogames pathogènes. *C. R. Symp. Inter. Phytia.-Phytoph.*, Gand.

ANGLADE P., RAUTOU S., 1969. État actuel en France de l'amélioration du Maïs pour la résistance à la Pyrale. *C. R. Conférence OEPP/Eucarpia*, Svalöv (sous presse).

ANGLADE P., RAUTOU S., 1970. Programme et premiers résultats de l'amélioration du Maïs pour la résistance à la Pyrale. *C. R. Ac. Agric. Fr.*, (sous presse).

ANGLADE P., STENGEL M., 1964. Observations sur le comportement des jeunes chenilles de la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) Lép. *Pyralidae* issues d'infestations artificielles de plantes de plein champ. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 139-156.

ANONYME (Groupe de travail sur la Pyrale du Maïs), 1964. Informations sur la situation de la Pyrale du Maïs en France. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 156-163.

ANONYME (Groupe de travail sur la Pyrale du Maïs), 1964. Essais de lutte chimique entrepris en France sur la Pyrale du Maïs. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 187-206.

CANGARDEL H., 1966. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) par granulés insecticides. II. Incidence d'un traitement unique sur des infestations artificielles échelonnées et jumelées. *Rev. Zool. agric.*, **65**, 95-103.

CANGARDEL H., 1969. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis*) par granulés insecticides. V. Micro-essais par infestations larvaires artificielles sous cage. Influences du stade végétatif du Maïs, de la concentration en matière active du granulé et de la dose du produit commercial. *Rev. Zool. agric.* **68**, 126-132.

CANGARDEL H., ANGLADE P., 1964. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) par granulés insecticides. Recherches des périodes d'intervention par infestations artificielles échelonnées. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 168-186.

CANGARDEL H., ANGLADE P., 1969. Recherches sur l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* sur la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HBN). I. Micro-essais sous infestation artificielle. *Rev. Zool. agric.*, **68**, 113-122.

CANGARDEL H., GIREAU R., 1966. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) par granulés insecticides. IV. Problèmes d'épandage de répartition et de dose d'emploi. *Rev. Zool. agric.*, **65**, 111-122.

CANGARDEL H., RIFFIOD G., 1969. Lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis*) par granulés insecticides. VI. Expérimentation de plein champ de 1966 à 1968. *Rev. Zool. agric.*, **68**, 113-146.

GIREAU R., RIFFIOD G., 1967. La Pyrale du Maïs. *Phytoma*, **19**, 5, 22-28.

GUENNELON Mme G., 1964. Éléments de la biologie de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HBN) en relation avec la lutte chimique. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 125-138.

GUENNELON Mme G., AUDEMARD H., 1960. La Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) dans la basse vallée du Rhône : observations écologiques, incidences économiques. *Ann. Épiphyties*, **11**, 337-395.

MOLOT P.-M., ANGLADE P., 1968. Résistance commune des lignées de Maïs à l'Helminthosporiose (*Helminthosporium turcicum* PASS.) et à la Pyrale (*Ostrinia nubilalis* HBN) en relation avec la présence d'une substance identifiable à la 6-méthoxy-2-(3)-benzoxazolinone. *Ann. Épiphyties*, **19**, 75-95.

ROBIN J.-C., 1964. Techniques utilisées pour la production de pontes de Pyrale et l'infestation artificielle des maïs. *Rev. Zool. agric.*, **63**, 164-167.

STENGEL M., 1969. Influence de l'attaque de la Pyrale (*Ostrinia nubilalis* HBN) sur le poids et la qualité des grains de Maïs, en fonction du type de dégâts dans les cultures en Alsace (France). *Rev. Zool. agric.* **68**, 101-107.

STENGEL M., 1969. Méthode de prévision des dégâts pouvant servir dans la lutte contre la Pyrale du Maïs en Alsace. *Rev. Zool. agric.*, **68**, 97-100.

STENGEL M., 1969. Recherches sur l'activité insecticide de *Bacillus thuringiensis* sur la Pyrale du Maïs, *Ostrinia nubilalis* HBN. II. Essais de plein champ en Alsace. *Rev. Zool. agric.* **68**, 123-125.

STENGEL M., 1970. Une méthode de prévision des dégâts de la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) et mise au point de la lutte dans les cultures de la plaine d'Alsace. *Ann. Zool.-Écol. anim.* **2**, 309-325.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 309-325.

UNE MÉTHODE DE PRÉVISION DES DÉGATS DE LA PYRALE DU MAÏS (*OSTRINIA NUBILALIS* HUBNER, LÉPIDOPT. *PYRALIDAE*). MISE AU POINT DE LA LUTTE DANS LES CULTURES DE LA PLAINE D'ALSACE

M. STENGEL
avec la collaboration technique de F. JACKY et G. SCHUBERT

Station de Zoologie,
Centre de Recherches de Colmar
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

En Alsace, région à climat continental où la Pyrale (*Ostrinia nubilalis* HUBNER Lepidopt. *Pyralidae*) *est univoltine*, le Maïs se trouve tous les ans au même *stade phénologique* au moment du maximum du vol de la Pyrale (*50 p. 100 de floraison mâle chez le Maïs 21 jours après le début du vol*). Cette correspondance entre le maximum du vol de la Pyrale, le maximum des pontes et un stade végétatif sensible au ravageur explique la gravité des dégâts dans notre région. *La date optimale du traitement se situe 21 jours* après le début du vol ; le traitement ne sera effectué que si, lors d'un *recensement* effectué le 21e jour, *le seuil de nuisibilité de 15 p. 100 de plantes* portant une ponte est atteint.

INTRODUCTION

En Alsace, où le Maïs est implanté depuis plus de 120 ans, on a assisté ces dix dernières années à une extension rapide des surfaces de cette culture. Les dégâts de la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis*) ont augmenté d'une façon dangereuse.

La nocivité de cet insecte a été décrite dans le sud-est et le sud-ouest de la France (GUENELON, 1960; ANGLADE, 1958) ainsi qu'en Allemagne (ENGEL, 1965), en Yougoslavie (LAZAREVIC, 1959) et aux U. S. A., où il a été introduit en 1917 (PETERSON, 1955). Dans toutes ces régions, de nombreuses études ont été consacrées à son écologie et aux moyens de lutte.

En France, dès 1884, LABOULBÈNE signale la nocivité de la Pyrale sur le Maïs du Sud-Ouest. FEYTAUD (1930) et ROUBAUD (1930) ont étudié son écologie et précisent certains points de son comportement trophique. Plus récemment GUENNELON (1960) précise son écologie et les incidences des dégâts qu'elle cause dans la basse vallée du Rhône. La Pyrale y effectue deux générations et ses dégâts varient en fonction des dates de semis. Dans le Sud-Ouest, la Pyrale a une génération complète et une partielle, et ses dégâts sont relativement moins importants que dans le Sud-Est, car la multiplication du papillon est limitée par deux parasites, *Lydella grisescens* RD et *Horogenes punctaria* ROMAN (ANGLADE, 1958).

En Alsace, la Pyrale est univoltine. Elle y existait déjà, comme partout en Europe, avant l'introduction du Maïs. En dehors de cette plante elle se développe sur le Houblon et des plantes sauvages comme l'Armoise. Les parasites naturels importants sont inexistants dans notre région. ENGEL (1965) en Pays de Bade a fait les mêmes observations. Les dégâts sont importants dans les zones traditionnelles de culture.

Comme moyens de lutte, ANGLADE (1958) et GUENNELON (1960) préconisent deux méthodes conjuguées. L'une culturale : le hachage et l'enfouissage profond des chaumes, l'autre chimique : traitement contre les chenilles en été. En Allemagne, ENGEL (1965), et en Yougoslavie, LAZAREVIC (1959), préconisent les mêmes méthodes.

Mais aucun des auteurs européens ne s'est préoccupé du problème de la valorisation de l'intervention chimique. Aux U. S. A., CHIANG et HODSON (1950 et 1952) qui ont étudié l'écologie et les moyens de lutte contre la Pyrale dans le « Cornbelt », zone de culture extensive de Maïs tardif à forte végétation où la Pyrale a deux générations, conseillent de faire trois traitements espacés de 3 semaines ; mais ils ne préconisent de traiter que si, lors de l'un des relevés hebdomadaires effectués au cours du premier vol, on trouve plus de 50 pontes pour 100 pieds. Le nombre de pieds sur lesquels porte le recensement n'est pas précisé. Même avec une telle densité de ponte, les auteurs semblent encore douter de la rentabilité de l'opération.

CONDITIONS DE CULTURE DU MAÏS EN ALSACE

L'Alsace se situe à la limite nord-est de la zone de culture du Maïs-grain. Ceci oblige le cultivateur à semer tôt, fin avril et première quinzaine de mai, et à limiter son choix à des variétés précoces. La variété la plus cultivée est *I. N. R. A. 258*. Jusqu'à présent elle occupait 60 p. 100 des surfaces cultivées. Mais par suite de sa sensibilité à la Verse (*Fusarium oxysporum*) accentuée par les attaques de la Pyrale, elle cède la place à des variétés plus résistantes, plus tardives et plus productives comme *I. N. R. A. 300* et *I. N. R. A. 420* ; *I. N. R. A. 310* et *I. N. R. A. 400* commencent à apparaître dans les cultures. Quelques hybrides américains sont aussi cultivés. L'introduction de l'irrigation par aspersion a permis de régulariser et d'augmenter les rendements du Maïs. Les surfaces cultivées ont doublé en 10 ans. En même temps les populations de la Pyrale ont augmenté dangereusement.

L'importance des dégâts dus à la Pyrale, le coût de la lutte et surtout les fluctuations des dégâts d'une année à l'autre et d'un champ à l'autre la même année, ont amené la recherche d'une méthode permettant à l'agriculteur d'évaluer si un trai-

tement est économiquement justifié. Il fallait tout d'abord définir la date de traitement, puis déterminer le seuil de nuisibilité au-dessus duquel le traitement est justifié. Lorsque cette étude a débuté, *I.N.R.A. 258* était la variété la plus cultivée. La plupart des observations ont été faites sur cette variété, surtout dans la zone de la Hardt, entre Colmar et Mulhouse.

LUTTE CONTRE LA PYRALE

A. — *Détermination de la date de traitement*

Il a paru intéressant de chercher à rattacher la date de traitement contre la Pyrale à un stade phénologique du Maïs. Ceci pour deux raisons : d'une part il est plus facile pour l'agriculteur de rattacher une date de traitement à un stade végétatif de la culture à protéger, et d'autre part tous les stades végétatifs du Maïs n'ont pas la même sensibilité aux attaques de la Pyrale. Ainsi la période de floraison mâle est la plus sensible bien que le stade « panicule visible dans le cornet » soit le plus favorable à l'éclosion et au développement des jeunes chenilles de la Pyrale (LUCKMANN et DECKER, 1952 ; ANGLADE et STENGEL, 1965). Pour déterminer la date du traitement il faut tenir compte des dates de sorties des adultes, de la durée de leur vol, de la répartition des pontes au cours de ce vol, de la durée d'incubation des œufs et du

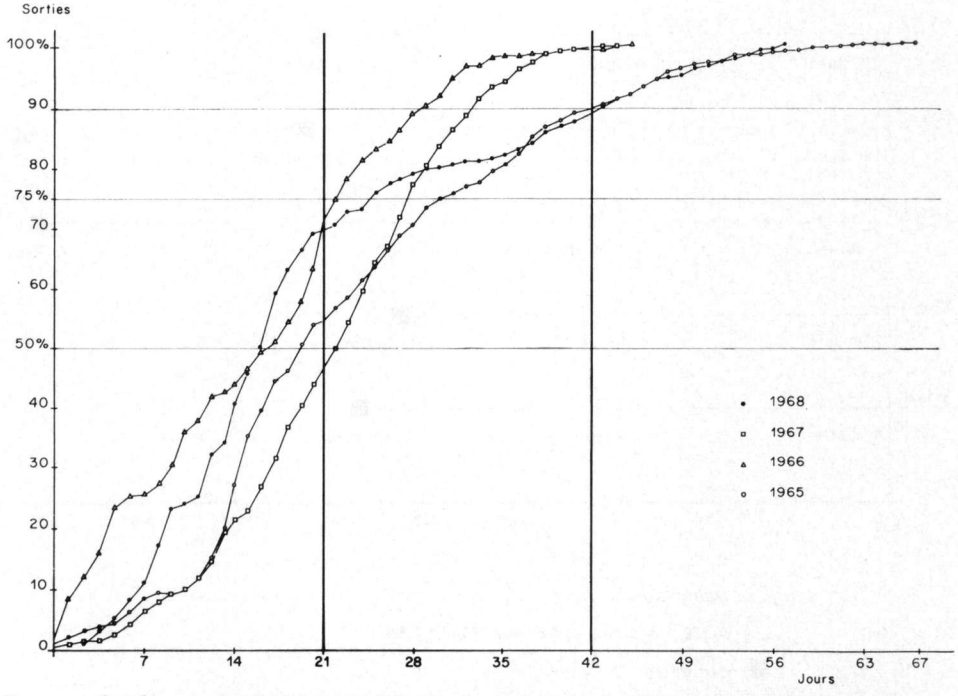


FIG. 1. — *Courbes cumulatives des sorties de la Pyrale exprimées en p. 100 du total. 50 à 75 p. 100 des sorties se situent 21 jours après le début du vol et après six semaines 90 p. 100 des adultes sont déjà sortis quelle que soit la durée du vol.* (Pour chaque année l'origine correspond au premier jour de sortie des papillons).

comportement des jeunes chenilles, c'est-à-dire ne traiter que lorsque l'intervention peut toucher le plus grand nombre de chenilles. Ceci nécessite de trouver une relation entre les sorties de la Pyrale et le stade sensible de la plante à ses attaques.

1. *Les sorties des adultes.*

Les sorties sont étudiées grâce à une cage de sortie située sur le domaine du Centre de Recherches de Colmar et pouvant contenir 2 500 pieds de maïs. Tous les ans en automne les pieds sont récoltés sur un champ dont la densité de population larvaire a été estimée par la dissection de 50 pieds. La mortalité hivernale, de cause inconnue, est très forte, de l'ordre de 80 p. 100. De ce fait, seuls 1 500 à 2 000 adultes éclosent au cours de l'été suivant. Ce nombre permet cependant d'établir une courbe de sortie significative. Le vol s'étale sur 7 à 10 semaines suivant les conditions météorologiques, mais environ 90 p. 100 des adultes sortent au cours des 6 premières semaines (fig. 1). Le début des sorties varie d'une année à l'autre. Ainsi en 1966 les premiers adultes sont déjà apparus le 14 juin, alors qu'en 1963 le vol n'a commencé que le 4 juillet (fig. 2).

Les relevés des stades phénologiques de la plante sont faits par M. EICHINGER, Chef du Service de l'Amélioration des Végétaux à Colmar. Il les effectue suivant la

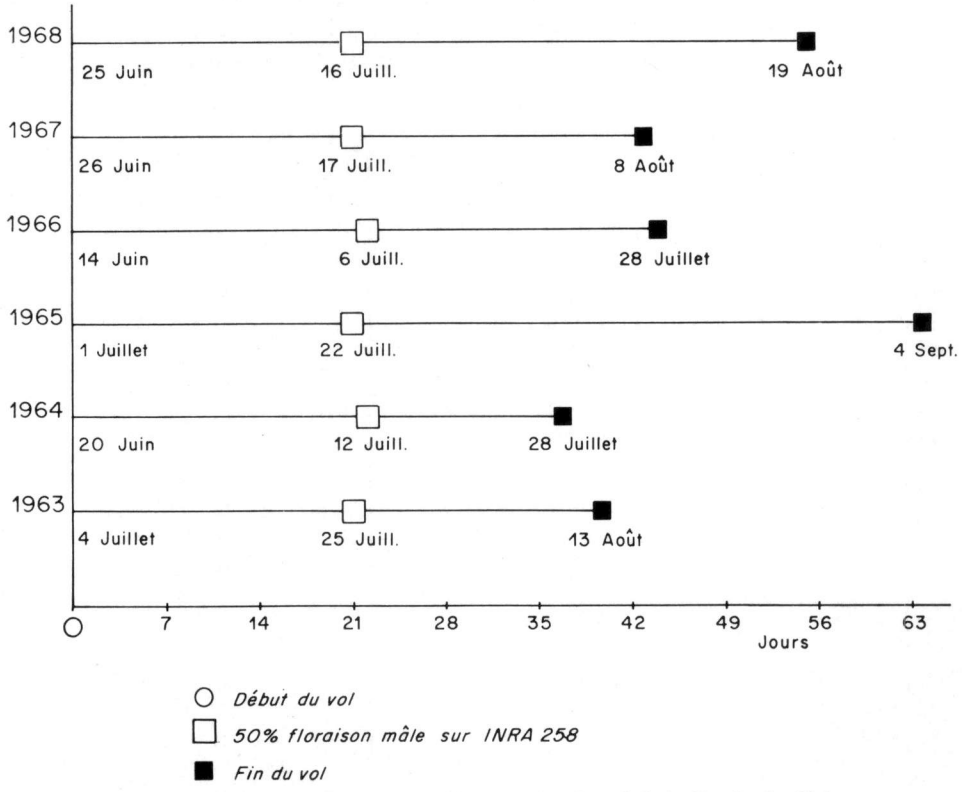


FIG. 2. — *Comparaison entre la date du début du vol de la Pyrale du Maïs et l'apparition du stade 50 p. 100 de floraison mâle de la variété de Maïs* I. N. R. A. *258* (1963-1968). *Ce dernier se situe toujours 21 à 22 jours après le début du vol*

technique des esssai de variétés de Maïs, admises par les expérimentateurs sur le plan international.

Depuis 1963, tous les ans 21 à 22 jours après le début du vol de la Pyrale, le Maïs I. N. R. A. 258 *se trouve au stade 50 p. 100 de floraison mâle* (50 p. 100 des pieds présentent des panicules avec des étamines dégagées ce qui correspond au début de l'émission de pollen). A cette date, 50 à 70 p. 100 de la population adulte est déjà éclose (fig. 3). L'examen de la figure 1, donnant les courbes cumulatives de sorties, montre que les sorties sont massives entre le 14e et 28e jour et qu'elles sont à leur maximum le 21e jour. La courbe des sorties de 1967 en est un exemple précis (fig. 4).

2. *Les pontes.*

Parallèlement, les relevés de pontes sont faits une fois par semaine dès le début du vol, ils portent sur 5 fois 100 pieds répartis comme suit : 100 dans chaque angle du champ et 100 au centre. La durée d'incubation des œufs est de 10 jours environ mais au bout d'une semaine, l'embryogenèse est déjà visible extérieurement. Les œufs qui ont avorté jaunissent. De ce fait en ne tenant compte dans nos relevés

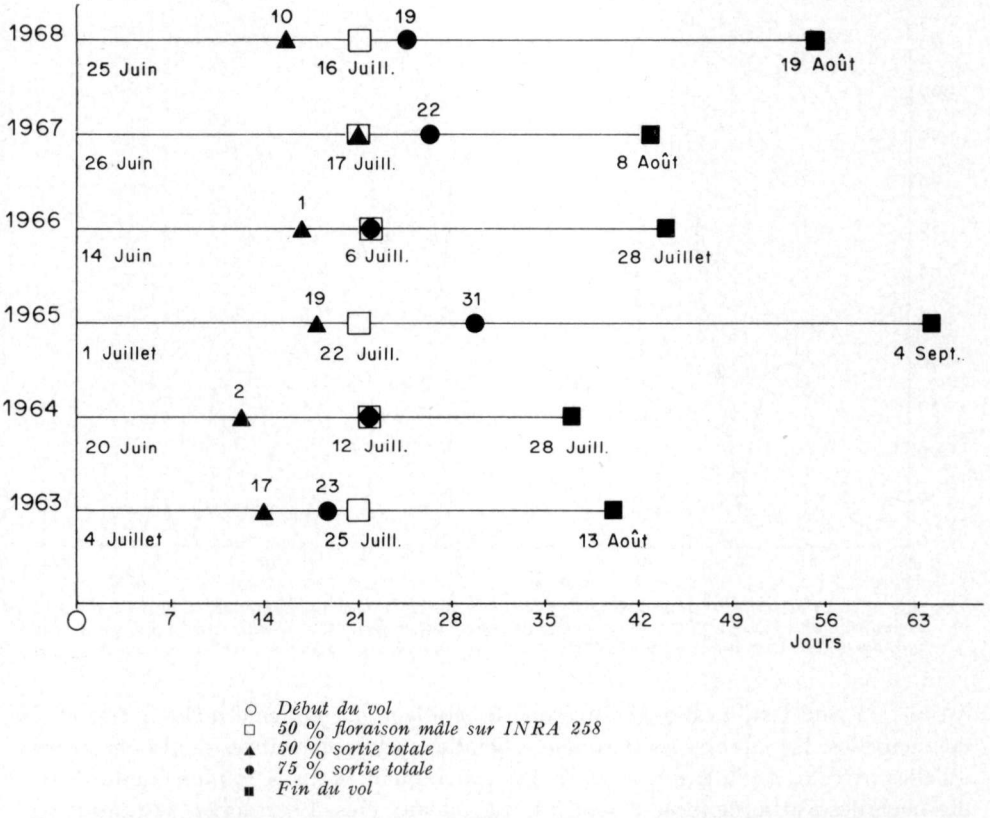


FIG. 3. — *La période de sortie des papillons, le début et la durée du vol varient d'une année à l'autre. Mais tous les ans, 21 à 22 jours après le début du vol, au moment où 50 p. 100 des panicules mâles sont en fleurs, 50 p. 100 à 75 p. 100 des adultes sont éclos.*

hebdomadaires que des pontes blanches sans traces d'embryogenèse on est certain de ne pas compter deux fois la même ponte. Ainsi au cours de chaque relevé hebdomadaire, seules les pontes fraîches ne présentant aucune trace visible d'embryogenèse sont relevées, les oothèques légèrement brunes ou jaunes, ou présentant déjà des taches noires (capsule céphalique de l'embryon), ne sont pas comptées. *Les pontes augmentent brutalement entre les 15e et 25e jours qui suivent le début du vol et 21 jours après le début du vol* 50 p. 100 au moins, certaines années jusqu'à 75 p. 100 des pontes de l'année, sont déjà déposées (fig. 5).

3. *Discussion.*

Il y a donc chaque année coïncidence entre les sorties de la Pyrale, le déroulement des pontes et le stade sensible du Maïs. Cela explique la gravité et la constance des dégâts dus à la Pyrale en Alsace. Au début du vol, le Maïs se trouve encore en cornet, stade le plus favorable à l'éclosion et à la survie des chenilles, vers le milieu du vol il est en fleur. Ce stade, le plus sensible à la Pyrale, coïncide avec le maximum des vols. L'unique génération dans la plaine d'Alsace cumule les dégâts des deux géné-

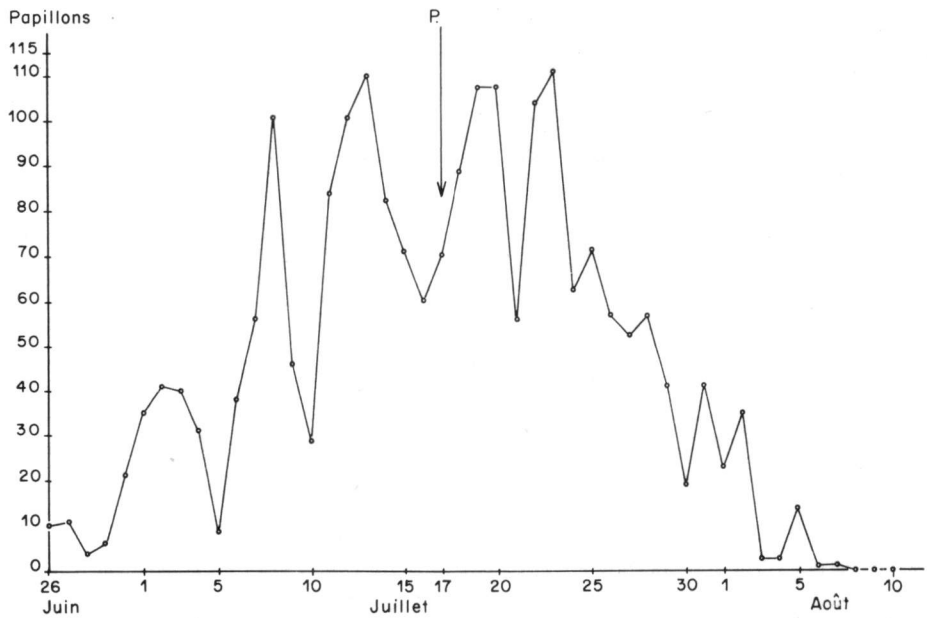


FIG. 4. — *Courbe de sortie des adultes de la Pyrale* (1967). *Le vol a duré 6 semaines du 26 juin au 7 août. Le 17 juillet, date à laquelle 50 p. 100 des panicules mâles sont en fleurs* (P), *se situe dans la période du maximun des sortie.* Les chutes dans la courbe sont dues aux pluies orageuses.

rations du Sud-Est, c'est-à-dire attaque le feuillage, la panicule mâle, la tige et les épis femelles. En effet, si les premières chenilles endommagent les feuilles en cornet qu'elles percent, ou la panicule dont elles provoquent la casse, la plus grande partie des chenilles s'attaque directement à la tige et aux épis. Leur action se traduit par des casses de la tige au-dessus de l'épi et en dessous de l'épi, et par des casses du pédoncule de l'épi. Ces deux derniers types d'attaques entraînent des verses du pied

et des chutes de l'épi au sol, ce qui a pour conséquence des baisses de rendement par suite d'un empêchement mécanique de récolte. Mais les chutes de rendement ont aussi d'autres causes. Les différentes casses ont une influence sur le poids des grains récoltés. La perte de poids peut atteindre 50 p. 100 pour des grains provenant d'épis avec le pédoncule cassé, 30 p. 100 avec casse de la tige en dessous de l'épi et 10 p. 100 lors de casses au-dessus de l'épi (STENGEL, 1970).

Vingt et un jours après le début du vol, les chenilles issues des œufs du début du vol ne sont pas encore toutes endophytes et sont touchées par un traitement réalisé

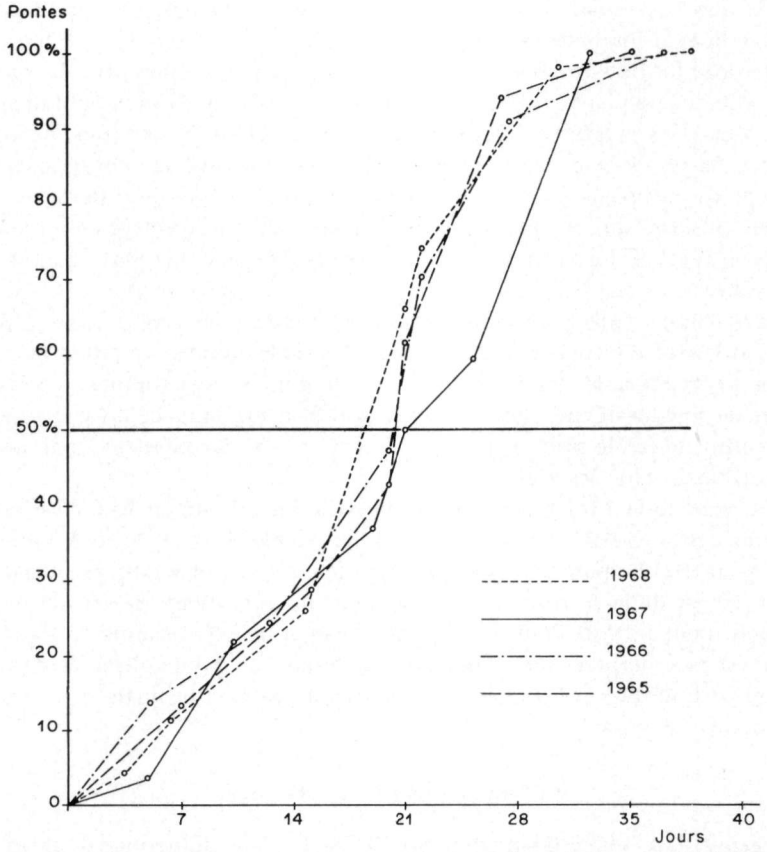


FIG. 5. — *Courbes cumulatives des pontes au cours du vol* (1965-1968) *exprimées en p. 100 de la somme totale des pontes. Elles montrent que 21 jours après le début du vol 50 p. 100 au moins des œufs qui seront pondus durant l'année sont déjà déposés. En 1965, la courbe de pontes s'arrêta plus tôt que la courbe de sortie car en fin de vol nous n'avons plus trouvé de pontes fraîches vu la faible densité du vol.*

à cette date. Si on utilise un produit ayant une rémanence de 3 à 4 semaines on atteint la partie de la population qui éclôt après le traitement. De plus, 21 jours après le début du vol, le Maïs *I. N. R. A. 258* se trouve à 50 p. 100 de floraison mâle, le pied de maïs a terminé sa croissance de végétation et les épis femelles fleurissent déjà. Un traitement effectué à cette époque protège la plus grande partie des organes de la plante. Ceci est aussi valable pour les variétés plus tardives, car pour qu'elles arrivent

à maturité, le cultivateur est amené à les semer plus tôt et ainsi elles se trouvent presque au même stade végétatif, 21 jours après le début du vol, que la variété *I.N.R.A. 258*. Par exemple *I.N.R.A. 420* se trouve au stade « fin de sortie de la panicule mâle » 21 jours après le début du vol et 50 p. 100 de floraison mâle se situe vers les 26e et 27e jours.

La date de 21 jours après le début du vol est retenue comme date de traitement si toutefois le niveau d'infestation le justifie. *Pour l'agriculteur elle correspond à un repère phénologique précis : 50 p. 100 de floraison mâle pour* I. N. R. A. 258, *début de la floraison mâle et fin de sortie de la panicule mâle pour les variétés plus tardives comme* I. N. R. A. 420. Les essais de traitements exposés ci-dessous (au chapitre B, 2. *b*) ont prouvé le bien-fondé de ce choix.

Cette date fournit une bonne indication pour la période de lutte. Le traitement peut être effectué un peu avant ou un peu après. En 1966, un traitement fait le 24e jour n'a pas donné des résultats différents (55 q/ha) de celui du 21e jour (54 q/ha). De même en 1968 un essai de traitement au 18e jour alors que la contamination atteignait 32 p. 100 de pieds portant des pontes, n'a pas donné de différences avec un traitement effectué au 21e jour. Les rendements sont respectivement de 77 q/ha contre 58 en témoin. Le praticien a donc une période de 6 à 7 jours durant lesquels il peut traiter.

En Allemagne, dans le Pays de Bade, le docteur ENGEL (com. person.) préconise pour le traitement contre la Pyrale du Maïs la période allant du 7 juillet au 31 juillet, Les dates de traitement déterminées en Alsace depuis 1963 tombent toujours dans cette période soit au début, soit au milieu, soit à la fin. Mais ce délai de 3 semaines est trop imprécis car le praticien risque de traiter au bon moment, mais aussi trop tôt ou trop tard, selon les années.

Le Service de la Protection des Végétaux avait adopté en France comme date des traitements dans ses protocoles d'essais (Protocoles P. V. I. N. R. A.1964-1968) le stade de 50 p. 100 de panicules visibles dans le cornet ; cette date n'est pas valable dans le nord-est de la France où à ce moment un traitement insecticide ne protège que partiellement le Maïs dont le développement n'est pas terminé. Cette date trop précoce n'est pas adaptée aux régions où la Pyrale est monovoltine et de plus, une estimation précise du seuil d'infestation pouvant justifier la lutte, n'est pas encore possible à cette époque.

B. — *Opportunité du traitement*

Des essais, faits en collaboration par l'I. N. R. A. et le Service de la Protection des Végétaux, portant sur la nature et le dosage des produits insecticides, ont démontré l'efficacité des traitements. Les populations de chenilles de Pyrale ont toujours été diminuées, mais l'augmentation du rendement n'a pas toujours remboursé la dépense engagée dans le traitement. (Ces conclusions sont tirées de l'étude des rapports concernant la lutte contre la Pyrale, faits par les différents services régionaux de la Protection des Végétaux ayant participé aux essais de traitements contre la Pyrale. Journées P. V. I. N. R. A. sur la lutte contre la Pyrale du Maïs 1964-1968).

La date du traitement, la connaissance du produit, ne sont pas suffisantes pour le praticien soucieux de la rentabilité de sa culture. Il faut savoir si ce traitement est économiquement opportun ou non. Or, au moment où il doit traiter, l'agriculteur

ne peut qu'estimer un niveau de ponte. Il fallait trouver une relation entre le niveau de ponte à la date du traitement et l'augmentation de rendement que celui-ci procure.

Pour commencer une méthode de recensement des pontes a été définie.

1. *Méthode de recensement des pontes.*

La méthode choisie s'inspire de celle servant à l'estimation des attaques de la Pyrale (Protocole P. V. I. N. R. A. 1964-1968). Les pontes sont relevées sur un échantillon de 500 pieds répartis en 5 lots de 100 pieds, 1 dans chaque angle de la parcelle et 1 en son centre. La densité de semis étant de 4 pieds au mètre, en moyenne, on prospecte 5 × 25 mètres disposés comme suit : pour les angles de la parcelle, le relevé commence à 10 m du début du 10e rang en partant du bord, ceci pour éviter l'effet de bordure. Le relevé du milieu se situe approximativement au centre du champ.

Dans ce relevé toutes les pontes visibles, quel que soit leur état (fraîche, en cours d'embryogenèse ou sur le point d'éclore) sont notées. On compte les pieds portant une ou plusieurs pontes, c'est-à-dire que 1 pied avec 2 ou 3 pontes n'est compté que pour 1. Les résultats sont exprimés en p. 100 de pieds portant au moins 1 ponte.

2. *Résultats.*

a) *Variations de la densité de population des pontes d'un champ à l'autre.*

En 1966, nous avons observé des différences très sensibles dans un secteur où la densité des attaques de la Pyrale est très forte. A Algolsheim (tabl. 1), 3 champs séparés de moins de 500 m ont montré des différences de densité de ponte très grandes ;

TABLEAU I

Variations des densités de ponte d'une commune à l'autre et d'un champ à l'autre dans une même commune au cours d'une même année

(Les densités des pontes sont exprimées en nombre de pieds pour cent portant une ponte)

Lieu	Date du relevé	Variétés	Densité des pontes	
Weckolsheim	6-7-1966	*I.N.R.A. 258*	37	à traiter
Algolsheim 1	6-7-1966	*I.N.R.A. 258*	28	à traiter
Algolsheim 2	6-7-1966	*I.N.R.A. 258*	10	
Algolsheim 3	6-7-1966	*I.N.R.A. 300*	5	
Sierentz	7-7-1966	*I.N.R.A. 258*	6	
Rouffach	7-7-1966	*I.N.R.A. 300*	5	
Colmar 1	8-7-1966	*I.N.R.A. 258*	15	à traiter
Colmar 2	8-7-1966	*I.N.R.A. 300*	7	
Colmar 3	8-7-1966	*I.N.R.A. 258*	8	

l'un des champs a été justiciable d'un traitement alors que les deux autres avaient une population trop faible. A Colmar, zone moins attaquée, 1 seul champ sur 3 était à traiter.

En 1967, les relevés faits à Colmar ont porté sur 3 champs, seul l'un d'eux présentait une forte densité de ponte (tabl. 2). En 1968, sur les quatre champs examinés à Colmar, trois montrent une densité de pontes justifiant une intervention contre la Pyrale. Cet accroissement des densités de pontes en 1968 est un phénomène général dans la région (tabl. 2). Les causes de ces variations de densité de pontes d'un champ à l'autre sont difficiles à analyser, mais il semble que le précédent cultural, l'enfouissement des chaumes du Maïs, la culture alentour pouvant ou non servir d'abri à la Pyrale durant la journée, jouent un rôle.

TABLEAU 2

Variations de la densité des pontes d'une année à l'autre dans un même secteur
(Les densités des pontes sont exprimées en nombre de pieds pour cent portant une ponte)

Lieu	Date du relevé	Variétés	Densité des pontes	
Colmar 1	17-7-1967	*I.N.R.A. 300*	6	
Colmar 2	17-7-1967	*I.N.R.A. 420*	10	
Colmar 3	17-7-1967	*I.N.R.A. 300*	18	à traiter
Colmar 1	15-7-1968	*I.N.R.A. 420*	10	
Colmar 2	15-7-1968	*I.N.R.A. 420*	18	à traiter
Colmar 3	15-7-1968	*I.N.R.A. 400*	20	à traiter
Colmar 4	15-7-1968	*I.N.R.A. 400*	22	à traiter

Le recensement du nombre de pieds portant une ponte doit donc se faire parcelle par parcelle, car il y a de très grandes variations d'une parcelle à l'autre.

b) *Détermination du seuil de nuisibilité.*

Le seuil a été déterminé par des traitements systématiques de champs abritant des densités de pontes différentes quelle que soit la densité des pontes recensées. Une partie du champ est traitée avec du DDT à 1,5 kg de M. A./ha, l'autre sert de témoin. A la récolte les rendements entre parcelles traitées et non traitées sont comparés ; l'opportunité du traitement est déterminée, par rapport à l'augmentation en rendement du Maïs, compte tenu du prix de revient de l'intervention ; le tableau 3 donne quelques résultats de traitement.

— Lorsque, à la date du traitement, 6 p. 100 des pieds portent 1 ponte, l'augmentation de rendement est de 2-3 q/ha. Cette augmentation n'est pas significative.

— Lorsque ce pourcentage est de 15 p. 100, l'augmentation du rendement est de 8 q/ha.

— Lorsque le pourcentage de pieds portant des pontes est de 30 p. 100, ou plus, l'augmentation est de 15-20 q/ha en culture bien conduite.

Le coût du traitement par avion est de 120-150 francs l'hectare. Le quintal de maïs ayant été payé 45 francs en 1968, une augmentation de 2-3 q/ha ne le compense pas, mais un accroissement de rendement de 8 q/ha le justifie car il permet de couvrir les frais et donne un supplément de recette appréciable.

TABLEAU 3

Relations entre le nombre de pieds portant une ponte à la date du traitement et l'augmentation de rendement obtenue à la suite de cette intervention

(Les densités des pontes sont exprimées en nombre de pieds pour cent portant une ponte)

Champ	Densité des pontes (%)	Rendement en q/ha		Gains en poids	Gains (%)
		non traité	traité		
1 Colmar 1967	6	73,5	76	2,5	3
2 Colmar 1966	15	72	80	8	11
Algolsheim irrigué 1967	28	64,1	81,4	17,3	25
Weckolsheim non irrigué 1967	42	29,2	42,7	13,5	45
Algolsheim irrigué 1968	56	58	78	20	43

Nous estimons actuellement que le seuil à partir duquel il est avantageux de traiter contre la Pyrale du Maïs est atteint lorsque 15 p. 100 des pieds du champ portent une ponte au moment du traitement, c'est-à-dire 21 jours après le début du vol (stade 50 p. 100 de floraison mâle pour le Maïs *I.N.R.A. 258*).

c) *Méthode de prévision des dégâts.*

La méthode est celle utilisée pour le recensement des pontes. Vers le 21e jour le praticien relève les pontes sur 5 fois 100 pieds répartis dans le champ (100 dans chaque angle et 100 au milieu). Dans les angles des champs l'examen portera sur le 10e rang à partir du bord mais ne commencera que 10 mètres dans le rang pour éviter l'effet de bordure car, au début du vol, les Pyrales ont tendance à pondre sur les pieds qui bordent le champ. Le relevé du milieu se fait à peu près au centre du champ. La technique de recensement est simple. Les pontes sont de petites plaquettes blanchâtres ou tachées de noir, rondes ou rectangulaires de 5 à 10 mm, placées de préférence à la face inférieure des feuilles. Il suffit de relever les feuilles et de les examiner une à une ; les pontes se détachent bien sur le fond sombre de la feuille (fig. 6). L'agriculteur note chaque pied portant une ou plusieurs pontes quel que soit l'état de celles-ci. Lorsque le pourcentage de pieds portant une ponte est de 15 p. 100 le seuil de nuisibilité est atteint et le traitement est économiquement rentable. La durée de recensement est de 1 heure à 1 h 1/2 par champ.

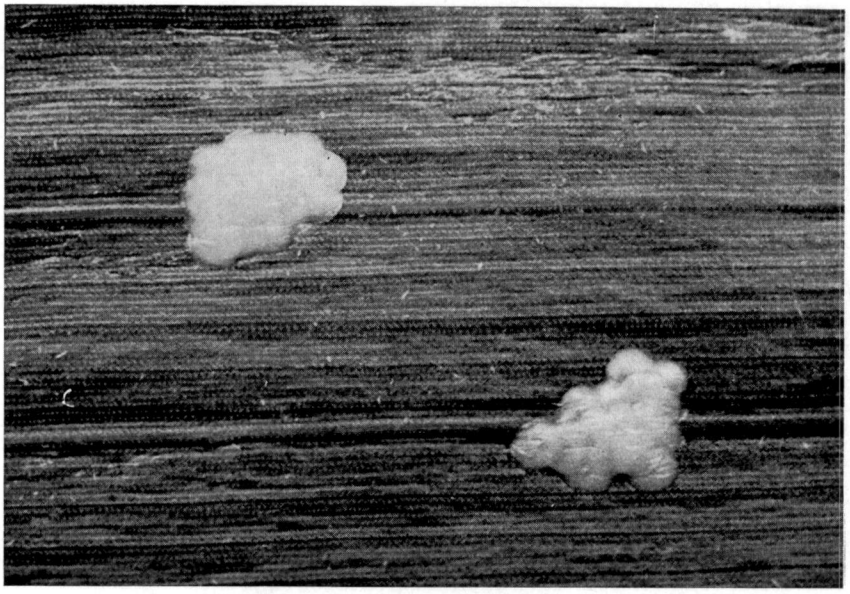


FIG. 6. — *Pontes de Pyrale du Maïs* (2,5 × grandeur nature)

TABLEAU 4

Résultats du contrôle de la méthode de prévision des dégâts dus à la Pyrale. Les casses et les rendements des parcelles « non menacées » et « non traitées » (NT) *sont comparables à ceux des parcelles « menacées » et « traitées »* (T). *Le témoin n° 10 montre l'opportunité du traitement lors d'une forte attaque.*

(La densité des pontes est exprimée en nombre de pieds pour cent portant une ponte ; les casses au-dessus, sous l'épi, et du pédoncule de l'épi et les épis au sol, le sont aussi pour 100 pieds.)

Parcelles	Variétés	Pontes	Traitement	Pieds cassés au dessus de l'épi	Pieds cassés sous l'épi	Pédoncules cassés	Épis au sol	Rendement en q/ha
1	*INRA 258*	14,8	T	4	3	6	0	
2	*INRA 258*	22,4	T	5	4	9	1	50
3	*INRA 258*	27	T	9	5	10	1	
4	*INRA 258*	15	T	5	2	7	0	
5	*INRA 258*	19,2	T	6	3	8	1	54
6	*INRA 258*	28,4	T	9	6	9	2	
7	*INRA 258*	*8*	*NT*	*12*	*5*	*9*	*1*	
8	*INRA 258*	*10,4*	*NT*	*9*	*3*	*10*	*1*	
9	*INRA 258*	*8*	*NT*	*6*	*5*	*8*	*2*	52
10	*INRA 420*	56	T	8	2	10	1	78
10 témoin	*INRA 420*	*56*	*NT*	*23*	*12*	*20*	*2*	58

Le praticien peut effectuer ces relevés entre le 19e et le 24e jour suivant le début du vol ; ce délai de presque 1 semaine lui permettra de visiter tous ses champs.

En 1968, un contrôle de cette méthode de prévision des dégâts de la Pyrale a été mis en place avec la collaboration d'agriculteurs qui ont accepté nos conseils. Sur le territoire de la commune d'Algolsheim 10 champs, de 2 à 3 hectares chacun, ont été contrôlés (tabl. 4). Les densités de pontes étaient fortes et dans 7 champs, la densité de ponte dépassait le seuil de nuisibilité. Tous ces champs menacés ont été traités sans laisser de témoin par les propriétaires, sauf la parcelle 10 dans laquelle un essai a été installé avec un témoin.

Le tableau 4 montre que le pourcentage de pieds cassés n'est pas plus élevé dans les parcelles 7, 8, 9 non menacées et non traitées, que dans les parcelles 1 à 6 menacées qui ont été traitées. Les pieds cassés au-dessus de l'épi sont cependant légèrement plus nombreux dans les parcelles 7, 8, 9 que dans les parcelles 1 à 6 ; mais ce type de casse a une incidence négligeable sur le rendement. Le témoin de l'essai présente un pourcentage de pieds et de pédoncules cassés beaucoup plus élevé, plus du double, surtout dans les casses sous l'épi et du pédoncule qui ont une forte incidence sur le rendement à la fois par des empêchements mécaniques de récoltes et des pertes de poids des grains qu'elles entraînent. Nous n'avons pas pu obtenir les rendements de toutes les parcelles, mais les quelques rendements qui figurent sur le tableau 4, confirment les prévisions de dégâts. La parcelle 9 non menacée et non traitée, a un rendement de 52 q/ha, les parcelles 2 et 5 menacées et qui ont été traitées ont des rendements à 50 et 54 q/ha. Ces parcelles étaient semées avec la variété *I.N.R.A. 258*. La parcelle 10, où l'essai a été implanté, était semée en *I.N.R.A. 420* plus tardif et plus productif, ce qui explique les rendements de 79 q/ha de la parcelle traitée alors que la parcelle témoin a un rendement de 58 q/ha.

Les relevés des différents types d'attaques et de dégâts montrent qu'il n'y a pas de différence dans l'intensité de l'attaque entre les champs traités et les champs à ne pas traiter. Les rendements à la récolte sont identiques. Toutes ces données sont en accord avec la prévision de dégâts faite 21 jours après le début du vol. Les résultats du contrôle de la méthode de prévision confirment toutes les données expérimentales et permettent son application à la pratique.

3. *Discussion.*

Toutes les observations depuis 1963, concernant l'évolution du vol des adultes, la distribution des pontes et la croissance du Maïs, montrent que le 21e jour qui suit le début du vol est une date favorable de traitement si toutefois le niveau d'infestation le justifie. Le seuil de nuisibilité à partir duquel il est rentable de traiter est atteint lorsque 15 p. 100 des pieds du champ portent une ponte. Nous pensons que ce seuil peut être abaissé ou élevé dans des circonstances particulières en tenant compte de la variété, de l'irrigation ou de la densité du semis.

— *Influence de la variété :* Pour un Maïs précoce, de végétation relativement faible et sensible à la Verse comme *I.N.R.A. 258*, il est recommandé de traiter lorsque l'on recense 15 p. 100 de pieds portant une ponte le 21e jour qui suit le début du vol. Car, dans ce cas, une attaque de Pyrale accentue la tendance naturelle à la verse et de ce fait diminue le rendement. Mais si le praticien a cultivé une variété à végétation plus forte et moins sensible à la verse, il ne traitera que si le niveau de ponte atteint 20 p. 100.

— *Influence de l'irrigation :* Un Maïs non irrigué dans nos conditions climatiques casse lorsqu'il est attaqué par 2 à 3 chenilles par pied alors qu'un Maïs irrigué supporte jusqu'à 10 chenilles. En zone irriguée le seuil pris sera 15 p. 100 car le Maïs présentant toujours une belle végétation sera moins sensible à la casse, tandis qu'en culture non irriguée le niveau à partir duquel il sera utile de traiter doit être abaissé à 10-12 p. 100.

— *Densité de semis :* Le seuil de nuisibilité indiqué dans ce travail a été calculé en fonction de la densité habituellement employée dans la région, 50 000 pieds à l'hectare. Si les exploitants semaient aux densités normalement conseillées (70 000 pieds/hectare pour la variété *I.N.R.A. 258*), il faudrait certainement abaisser le seuil de nuisibilité à 10-12 p. 100 car les rendements augmentant par suite de la densité plus élevée, la répercussion de l'attaque serait plus grande pour un même pourcentage de pieds attaqués.

Ces premières observations sur l'influence de la variété, de l'irrigation et de la densité du semis sur le seuil de nuisibilité feront l'objet d'études plus approfondies au cours des années à venir.

CONCLUSION

En Alsace, où la Pyrale n'a qu'une génération par an, il existe un parallélisme entre son développement et la croissance du Maïs ; ainsi la Pyrale attaque tous les ans le Maïs au même stade végétatif qui se trouve être le plus sensible. Ceci explique la régularité et la gravité des dégâts. Le Maïs *I.N.R.A. 258* se trouve à 50 p. 100 de floraison mâle au moment du maximum du vol du papillon, c'est-à-dire 21 jours après le début du vol, et les autres variétés à un stade très voisin. Un traitement effectué à cette date protégera la plupart des organes du Maïs et de plus, compte tenu de la distribution des pontes au cours du vol, il touche la plus grande partie des chenilles.

Le seuil à partir duquel il est rentable de traiter se situe à 15 p. 100 de plantes portant au moins 1 ponte à la date du traitement. La variété de Maïs, l'irrigation et la densité du semis peuvent faire varier ce seuil dans une certaine mesure.

Toutes ces données permettent donc au praticien de savoir si un traitement contre la Pyrale est avantageux ou non. Le relevé des pontes est simple à faire et ne demande pas beaucoup de temps ; en une heure l'agriculteur peut faire un diagnostic sur un champ de 4 à 5 hectares et économiser ainsi 400 à 600 francs.

L'application de la méthode de prévision des dégâts ne devrait pas présenter de difficultés. Les services d'avertissements agricoles, disposant de cages d'éclosion à pyrales, signalent dans leurs bulletins la date de sortie des adultes et demandent aux agriculteurs de relever le niveau des pontes vers le 21e jour qui suit la date de la première sortie. De plus, le praticien peut se baser sur le stade phénologique pour déterminer sa date de traitement. Pour la variété *I.N.R.A. 258*, c'est le stade 50 p. 100 de floraison mâle, pour les variétés plus tardives comme *I.N.R.A. 400* et *420* c'est la fin de la sortie de la panicule et le début de la floraison mâle du Maïs.

Les données exposées dans ce travail ont été établies dans les conditions de l'Alsace. Nous pensons qu'il est possible de les adapter aux autres régions où la Pyrale

a une génération, car les dates de sortie et les conditions de végétation du Maïs y sont à peu de chose près les mêmes qu'en Alsace.

Reçu pour publication en mars 1970.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier M. EICHINGER (I. N. R. A., Colmar), la Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin, le Service de le Protection des Végétaux de Strasbourg et les agriculteurs, pour toute l'aide apportée dans la réalisation de ce travail.

SUMMARY

A METHOD OF FORECASTING THE DAMAGES OF *OSTRINIA NUBILALIS* HUBNER (LEPIDOPT. *PYRALIDAE*) AND CONTROL IN THE FIELDS OF THE ALSACE PLAIN

The European corn Borer, an indigenous insect, quickly adapted himself to Maize as it was introduced in Europ so far as to become its main enemy. In Alsace, north eastern limit for corn maize culture, we find a parallelism between the monovoltin cycle of the corn borer and the growth cycle of maize. So, each year, the maize variety *I. N. R. A.* 258 is at the phenological stage « 50 p. 100 male flowering » 21 days after corn borer's flight begining. This stage is very sensitive to corn borer attacks, because all organs of the maize foot can be attacked. The other varieties are, in regard of the culture conditions, in a near growth stage. More, at this date 50 per 100 to 75 per 100 of the year's flight adults have emerged and more than 50 per 100 of the eggs to be layed during the flight are deposed. The date of 21 days after flight begining is to be considered as an optimal date for corn borer control because this one will protect all organs of the maize foot and if the produce is removent enough it will kill, considering the duration of incubation, the greatest part of the larval issued from the eggs layed during the flight.

Though all chemical controls against the corn borer gave a larvae mortality the increase of yield did not allways pay the cost of the intervention, because the attack was not strong enough. The economic injury level about which a farmer in care of the rentability of his culture will spray, is reached when he will find eggs on 15 per 100 of the maize feet. This return will be made on 5 × 100 feet homogeniously distributed over the field. The variety, the density of sowing and the irrigation can vary this level.

These data are valid in Alsace, they would easily be adapted to areas where the corn borer is monovoltin.

ZUSAMMENFASSUNG

EINE METHODE ZUR VORAUSAGE DER VOM MAISZÜNZLER (*OSTRINIA NUBILALIS* HUBNER LEPIDOPT. *PYRALIDAE*) VERURSACHTEN SCHÄDEN UND BEBÄMPFUNG IM ELSASS (FRANKREICH).

Der Maiszünzler, ein eingeborenes Insekt, hat sich dem Maïs seit dessen Einführung so schnell angepasst, dass er heute als dessen Hauptschädling gilt. Im Elsass, der nordöstlichen Grenze der Körnermaiskultur stellt man einen Gleichlauf zwischen dem einjährigen Zyklus des Zünzlers und dem Vegetationszyklus des Maises fest.

So befindet sich die Maissorte *I. N. R. A.* 258 jedes Jahr 21 Tage nach dem Beginn des Zünzlerfluges in dem phenologischen Stadium : « 50 prozent männliche Blüte ». In diesem Stadium ist der Mais gegenüber dem Angriff des Zünzlers sehr anfällig ; denn dieser kann alle Teile des Maisstockes befallen. Die anderen Maissorten befinden sich, angesichts der Anbaubedingungen

in einem ähnlichen Vegetationsstadium. Hinzu kommt, dass zu dieser Zeit 50 prozent — 75 prozent der Schmetterlinge des Jahresfluges schon ausgeschlüpft und 50 prozent der während dieses Fluges zu legenden Eier schon abgelegt sind. Das Datum : 21 Tage nach Flugbeginn kann also als optimales Datum für die Bekämpfung des Zünzlers angesehen werden ; denn hiermit werden alle Teile des Maisstockes geschützt und mit einem langwirkenden Mittel kann angesichts der Inkubationsdauer der grösste Teil der aus den Eiablagen des Fluges stammenden Raupen erreicht werden.

Wenn auch in allen chemischen Bekämpfungsversuchen ein Absterben der Raupen festgestellt wurde, so haben die Ertragssteigerungen nicht immer die Kosten des Eingreifens übertroffen, da der Befall nicht stark genug war.

Die Schadenschwelle, von der ab ein um die Rentabilität seiner Kultur besorgter Landwirt bekämpft, ist erreicht, wenn er 21 Tage nach dem Flugbeginn auf 15 prozent der Maisstöcke des Ackers Eiablagen findet. Die Zählung wird auf 5 × 100 im Acker regelmässig verteilten Stöcken vorgenommen. Die Sorte, die Dichte der Aussaat und die Berieselung können die Schadenschwelle ändern.

Diese Daten gelten für das Elsass, können aber ohne Schwierigkeit in Gegenden angewandt werden, wo der Zünzler monovoltin ist.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANGLADE P., 1958. Influence de l'Enfouissement des tiges de Maïs sur l'hivernation et la survie des chenilles endophytes (*Pyrausta nubilalis* HÜBN., *Sesamia nonagroides* LEF.). *Ann. Épiphyties*, **3**, 371-387.

ANGLADE P., 1961. Orientation des Recherches françaises sur la résistance du Maïs à la Pyrale et à la Sésamie. *Eucarpia* 1960, Section Maïs-Sorgho.

ANGLADE P., MOLLOT P. M., 1968. Résistance commune des lignées de Maïs à l'Helminthosporiose (*H. turcicum* PASS.) et à la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN) en relation avec la présence d'une substance identifiable à la 6-methoxy-2 (3) Benzoxazolinon. *Ann. Épiphyties*, **19**, 75-95.

ANGLADE P., STENGEL M., 1964. Observations sur le comportement des jeunes chenilles de la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HUBN.) *Lép. Pyralidae*, issues d'infestations artificielles de plantes de plein champ. *Rev. Zool. agric. appl.*, **63**, 139-155.

APPLE J. W., DECKER G. C., 1950. Corn Borer Control on Sweet Corn with concentrated Sprays. *J. econ. Entomol.*, **43**, 407-414.

BECK S. D., 1956. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* HÜBN. and its principal host plant. I.Orientation and feeding behaviour of the larva on the corn plant. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **49**, 552-558.

BECK S. D., 1957. The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* HÜBN. and its principal host plant. IV. Larval saccharotrophism and host plant resistance. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **50**, 312-318.

BECK S. D., 1960. The European corn borer, *Pyrausta nubilalia* HÜBN. and its principal host plant. VII. Larval feeding behaviour and host plant resistance. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **53**, 206-212.

CHIANG H. C., HODSON A. C., 1950. Stalk Breakage caused by European Corn Borer and its effect on the Harvesting of Field Corn. *J. econ. Entomol.*, **43**, 4, 415-423.

CHIANG H. C., HODSON A. C., 1952. Relation between Egg Mass Abundance and Fall Populations of First-Generation Corn Borer and Justification for Insecticidal Control in Field Corn. *J. econ. Entomol.*, **45**, 2, 320-323.

CHIANG H. C., HODSON A. C., 1953. Leaf Injury caused by the first-Generation Corn Borer in field Corn. *J. econ. Entomol.*, **46**, 68-73.

COX H. C., BRINDLEY T. A., LOVELY W. G., FAHEY J. E., 1956. Granulated Insecticides for european corn borer control. *J. econ. Entomol.*, **49** (1), 113-119.

ENGEL H., 1965. Versuche zur Bekämpfung des Maiszünslers *Pyrausta nubilalis* HBN. vom Hubschrauber aus. *Z. angew. Entomol.*, **55**, 419-432.

ENGEL H., 1965. Der Stengelbruch und ähnliche Schäden am Mais. *Nach. Blat. Deut. Pfl. schutz. dienst.* **17** (8), 113-116.

FEYTAUD J., 1930. Les Vers des tiges du Maïs. *Rev. Zool. agric. appl.*, **29**, 85-96.

GUENNELON G., AUDEMARD H., TORT M. J., 1958. Mise au point sur le problème des chenilles endophytes du Maïs en Provence. *Bull. Tech. Inf. Ing. Serv. Agric.*, **29**, 197-202.

GUENNELON G., AUDEMARD H., 1960. La Pyrale du Maïs *Ostrinia nubilalis* HBN., dans la basse vallée du Rhône. Observations écologiques, incidences économiques. *Ann. Épiphyties*, **11**, 337-395.

KLUN J. A., TIPTON C. L., BRINDLEY T. A., 1967. 2,4-dihydroxy-7-methoxy-1,4 benzoxanin-3-one (Dimboa), an active agent in the resistance of Maize to european corn borer. *J. econ. Entomol.*, **60**, 1524-1533.

LABOULBÈNE A., ROBIN C., FOLLON M. J., 1884. Sur les dégâts causés au Maïs et au chanvre par les chenilles du *Botys nubilalis* HÜBN. *Ann. Soc. Fr.*

LAZAREVIC B., 1959. The spread of corn borer in some districts of the P. R. serbria in 1959. *Hibridni Kukurug Jugoslavije Beograd.*, **9**, 36-42.

LAZAREVIC B., 1961. Inquiries into the resistance of some hybrid corns towards the Corn Borer. *Ann. Épiphyties*, **12**, 405-411.

LUCKMANN W. H., DECKER G., 1952. A corn maturity index for use in European Corn Borer ecological and control investigations. *J. econ. Entomol.*, **45**, 226-232.

NEISWANDER C. R., HERR E. A., 1930. Correlation of corn borer population with degree of damage. *J. econom. Entomol.* **23**, 938-945.

PATCH L. H., STILL G. W., SCHLOSBERG M., BOTTGER G. P., 1942. Factors determining the reduction in yield of field corn by european corn borer. *J. Agric. Res.*, **65**, 473-482.

PATCH L. H., DEAY H. O., SNELLING R. O., 1951. Stalk Breakage of Dent Corn Infested with the August Generation of the european corn borer. *J. econ. Entomol.*, **44**, 534-539.

PETERSON G. D., 1955. Biological control of the European Corn Borer on Guam. *J. econ. Entomol.* **48**, 683-685.

ROUBAUD E., 1930. Biological researches on *Pyrausta nubilalis* HB. III. *Intern. Corn Borer Invest. Sci. Rep.*, **3**, 1-27.

STENGEL M., 1970. Influence de l'attaque de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HÜBN. Lepidopt. *Pyralidae*) sur le poids et la qualité des grains de Maïs en fonction du type de dégâts. Sous presse.

Protocoles des essais de lutte contre la Pyrale du Maïs. Service de la Protection des Végétaux et Institut national de la Recherche agronomique, 1964-1968.

Comptes rendus des essais de lutte contre la Pyrale du Maïs. Réunions P. V.-I. N. R. A sur la Pyrale du Maïs. 1964-1968.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 327-337.

ÉTUDE DE L'INSÉMINATION CHEZ LE NÉMATODE MYCOPHAGE *DITYLENCHUS MYCELIOPHAGUS* (J. B. GOODEY, 1958)

J.-C. CAYROL

Station de Recherches sur les Nématodes,
Centre de Recherches d'Antibes
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Grâce à la mise au point d'une méthode d'élevage individuel du nématode mycophage *D. myceliophagus* (GOODEY. 1958) il a été possible d'étudier les mécanismes de l'insémination chez cette espèce dans les conditions de température optimale (20°C). Il apparaît que la femelle peut être fécondée dès sa formation, c'est-à-dire immédiatement après la 4e mue. Elle reçoit alors une quarantaine de spermatozoïdes qui lui permettent de pondre environ quarante œufs échelonnés sur une période de 26 jours. Ce n'est qu'après avoir utilisé ce premier stock spermatique qu'elle peut subir une seconde fécondation qui détermine l'apparition d'une nouvelle phase de ponte. Du fait de sa sénescence, qui entraîne alors une stérilité ovarienne partielle, la femelle ne dépose au cours de ce second cycle qu'une vingtaine d'œufs échelonnés sur une quinzaine de jours.

Étant donné que la longévité maximale de *D. myceliophagus* est de 50 jours, la fécondité réelle d'une femelle au cours de sa vie est en définitive voisine de 60 œufs.

L'impossibilité de toute fécondation nouvelle, tant que le stock spermatique initial n'a pas été utilisé, pourrait s'expliquer par l'existence dans l'utérus de mouvements péristaltiques assurant le cheminement des ovocytes. Les spermatozoïdes ne possédant pas de flagelles seraient incapables de progresser vers la spermathèque tant que de tels mouvements inverses s'opposent à eux.

L'espacement des périodes de réceptivité des femelles résultant de ce phénomène semble entraîner un espacement corrélatif des copulations.

INTRODUCTION

Les difficultés de l'élevage individuel des nématodes phytoparasites ont toujours limité les possibilités de l'expérimentation. Ces animaux sont souvent inféodés de manière assez stricte à leur hôte et il est presque impossible de retrouver un individu isolé, au moins dans ses premiers stades, en raison de ses dimensions infimes. Ceci contribue à expliquer le peu d'études consacrées aux mécanismes de la fécondation,

car au sein d'une population naturelle les copulations occasionnelles incontrôlables sont multiples et proscrivent toute analyse précise du processus. Grâce à la mise au point d'une méthode pratique d'élevage individuel du nématode mycophage *D. myceliophagus* nous avons pu étudier le phénomène chez cette espèce où l'accouplement s'est révélé obligatoire avec des modalités définies.

I. — MÉTHODE D'ÉLEVAGE INDIVIDUEL DE « D. MYCELIOPHAGUS »

Dans le fond d'un verre de montre, on dépose un petit morceau de papier à démaquiller d'environ 5 millimètres de côté, imbibé d'eau.

Sur ce carré de papier, on place un fragment de milieu gélosé à 1,5 p. 100 ensemencé avec quelques hyphes d'*Agaricus bisporus* LANGE prélevées sur une culture de champignon maintenue en boîte de Petri.

On pose ensuite un nématode sur ce support et l'ensemble est disposé dans une boîte étanche en matière plastique dont le fond contient un peu d'eau pour prévenir tout risque de dessiccation.

Il suffit, pour récupérer l'animal en élevage, d'ajouter une faible quantité d'eau dans le verre de montre et de dilacérer minutieusement la gélose et le papier à démaquiller. Le nématode se trouvant dégagé du substrat par cette opération nage au sein du liquide où il est alors relativement facile de le récupérer.

II. — MISE EN ÉVIDENCE DE LA NÉCESSITÉ DE L'ACCOUPLEMENT

A. — *Technique d'étude*

Grâce à la méthode d'élevage individuel précédemment décrite, nous avons pu obtenir, en partant de jeunes larves, des individus matures vierges, mâles et femelles, qui ont été utilisés selon le protocole suivant :

On élève, d'une part vingt-cinq femelles vierges individuellement et, d'autre part vingt-cinq femelles vierges, chacune associée à un mâle également vierge. Ces élevages sont maintenus pendant 6 jours à l'obscurité à 20°C (température optimale pour l'espèce). Passé ce délai, tous les géniteurs sont enlevés dans chaque verre de montre et ces derniers sont conservés pendant 7 jours encore dans les mêmes conditions, afin que tous les œufs, y compris ceux pondus juste avant l'enlèvement des adultes, disposent d'un temps largement suffisant pour éclore (durée normale du développement embryonnaire à 20°C : 4 jours). A ce moment, on peut évaluer l'importance des pontes dans les différents cas d'après le nombre de larves retrouvées. Cette méthode évite les risques d'erreurs qui pourraient survenir en dénombrant seulement les œufs pondus. En effet, ceux-ci sont difficilement observables dans le milieu, car ils s'y trouvent souvent inclus à l'intérieur même de la gélose. En revanche, les larves étant actives, se dégagent elles-mêmes du substrat et vont nager dans l'eau où elles sont plus facilement discernables.

B. — *Résultats*

Les vingt-cinq femelles vierges élevées individuellement sans mâles, n'ont fourni aucune descendance (ni larves, ni œufs).

Dans le cas des vingt-cinq femelles accouplées, les résultats obtenus sont présentés sur un histogramme de fréquence (fig. 1) qui répartit en trois classes les descendances observées (0 à 10 larves, 10 à 20 larves et 20 à 30 larves).

On constate qu'il n'y a aucune descendance en absence de mâle et que la fécondation est obligatoire. Ceci confirme nos observations (BRUN et CAYROL, 1970) sur l'embryogenèse montrant que l'œuf de *D. myceliophagus* est toujours fécondé et

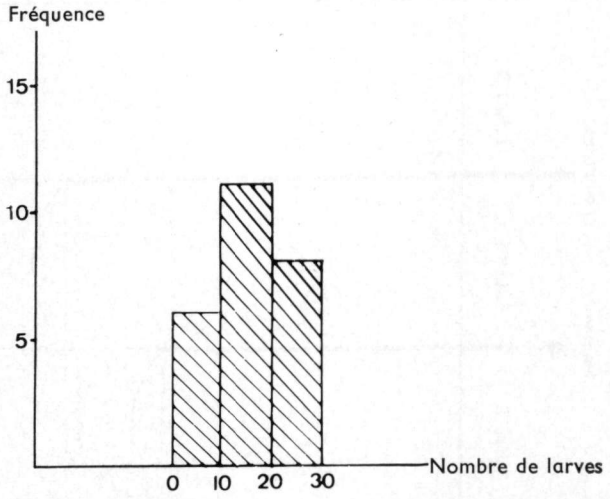


FIG. 1. — *Fréquence du nombre de larves issues d'une femelle de* D. myceliophagus *après 6 jours de vie en couple* (observation portant sur 25 femelles)

qu'il s'agit d'une espèce *amphimixique*. Les différences de pontes observées selon les cas sont vraisemblablement imputables au décalage dans l'insémination des femelles. En effet, certaines d'entre elles ont pu s'accoupler dès leur mise en présence des mâles et dans ce cas ont eu le temps de déposer un assez grand nombre d'œufs, alors que d'autres n'ont été inséminées que très tardivement et apparaissent donc comme très peu fécondes.

III. — ÉTUDE DES MÉCANISMES DE L'INSÉMINATION

A. — *Technique d'étude*

En utilisant la méthode précédente, nous avons effectué des élevages séparés de couples de géniteurs vierges pendant des durées variées comprises entre 1 et 7 jours.

Passé cette phase de vie en commun, les géniteurs sont récupérés par dilacération du substrat et le verre de montre qu'ils abandonnent est conservé 7 jours, afin que les œufs éventuellement pondus aient évolué en larves dénombrables. Des deux géniteurs, seule la femelle est conservée en la plaçant à nouveau en élevage individuel. Cette femelle est ensuite régulièrement repiquée tous les 7 jours sur une nouvelle culture individuelle, tandis que le verre de montre qu'elle quitte est gardé également 7 jours, toujours dans le but de permettre le dénombrement sous la forme de larves de la descendance que la femelle a pu éventuellement y déposer.

Le schéma, (fig. 2) résume l'ensemble du processus expérimental adopté (les dessins représentent les verres de montre).

L'adoption d'un intervalle de 7 jours entre deux repiquages consécutifs des femelles répond aux impératifs suivants :

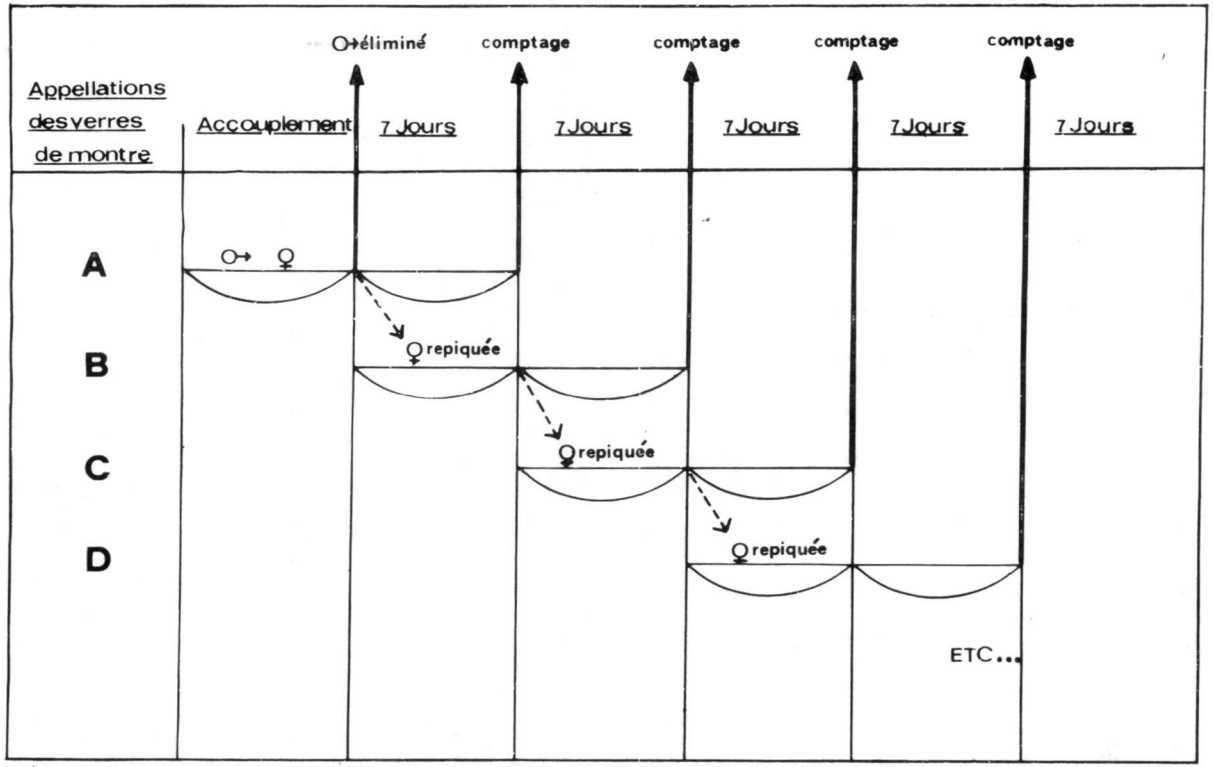


FIG. 2. — *Schéma général du dispositif expérimental adopté pour l'étude de l'insémination chez* D. myceliophagus.

Nous savons que chez cette espèce à 20°C, à partir du 7e jour suivant le début de ponte, 19 p. 100 d'individus sont déjà parvenus au 3e stade larvaire. En conséquence, si les génitrices pondent immédiatement après le repiquage, nous trouverons, au bout de 7 jours, dans le verre de montre, un grand nombre de larves du stade L_3 et peut-être même du stade L_4, compte tenu des variations individuelles de développement toujours possibles. Si l'on dépasse 7 jours, certains descendants pourront donc devenir matures et seront visuellement très difficilement différenciables de la femelle initiale.

B. — *Résultats*

1. *Influence de la durée de la vie en couple sur l'insémination.*

Comme l'indique le tableau 1, la proportion de femelles non fécondées diminue avec l'augmentation de la période de cohabitation des géniteurs.

TABLEAU I

Variation du pourcentage de femelles non fécondées suivant la durée d'union des géniteurs

Durée de la mise en présence des géniteurs	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours
Pourcentage de femelles non fécondées	57	59	52	50	35	26	21

L'hypothèse d'un accroissement des chances de rencontre des géniteurs sur le fragment de gélose en fonction de l'ampleur de leurs déplacements est rendue plausible par la relation presque linéaire que l'on peut observer dans le tableau 1 entre le pourcentage de femelles fécondées et la durée de vie en cohabitation.

2. *Influence de la durée de vie en couple sur la ponte.*

Les résultats obtenus sont représentés sur un histogramme (fig. 3) qui indique le nombre moyen de larves retrouvées tous les 7 jours dans les verres de montre pour chacune des phases A, B, C, D du protocole expérimental déjà schématisé (fig. 1). Les moyennes des pontes ainsi établies portent seulement sur les couples ayant donné une descendance.

On constate d'abord que si la ponte s'atténue progressivement avec le temps, le nombre total d'œufs pondus par une génitrice primipare ne varie pratiquement pas quelle que soit la durée de la présence du mâle et oscille toujours entre 34 et 37.

On constate en outre que la durée de la ponte n'augmente pas avec la durée de la vie en couple et reste comprise entre 21 et 26 jours.

En effet, dans les cas où les géniteurs sont mis en présence pendant 6 et 7 jours, aucun œuf n'est déposé après la phase C, ce qui signifie que la totalité de la ponte s'est effectuée pendant la vie en couple et les 14 jours suivants, soit 20 à 21 jours.

Dans le cas où l'union des géniteurs est plus courte (1 à 5 jours), aucun œuf

n'est pondu après la 4e observation (phase D), ce qui montre que toute la ponte se fait pendant la vie en couple et les 21 jours qui suivent, soit 22 à 26 jours.

Ces résultats s'expliquent le mieux en admettant qu'il y a un facteur prépondérant limitant la fécondité : le nombre de spermatozoïdes fécondants. Comme la quantité de spermatozoïdes éjaculés par le mâle lors d'une copulation doit être assez constante, on doit admettre que la femelle n'est inséminée qu'une seule fois pendant sa mise en présence avec le mâle. En effet, si des copulations répétées se produisaient, les femelles unies pendant 7 jours recevraient davantage de spermatozoïdes, donc pondraient un plus grand nombre d'œufs et se reproduiraient pendant une période plus longue.

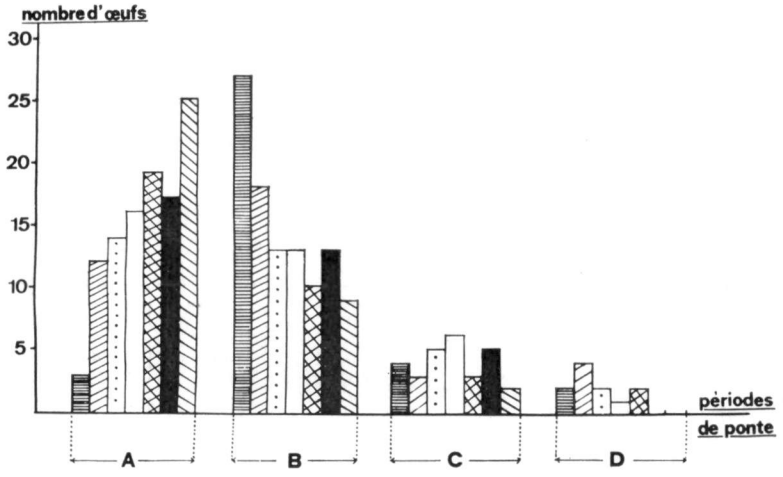


FIG. 3. — *Influence de la durée de vie en couple sur la ponte de* D. myceliophagus

Sept durées d'accouplement

1 jour
2 jours
3 jours
4 jours
5 jours
6 jours
7 jours

Périodes de ponte
A — pendant l'accouplement
B — de 0 à 7 jours après
C — de 7 à 14 jours après
D — de 14 à 21 jours après

Pour confirmer cette hypothèse, on a entrepris deux études complémentaires consistant, d'une part en expériences de fécondation dirigée et d'autre part en observations microscopiques de la gonade femelle.

3. *Influence de la fréquence des « unions des sexes » sur l'importance de la ponte.*

En utilisant la technique précédemment décrite, nous avons mis individuellement en présence 150 femelles et 150 mâles vierges pendant 4 jours. Passé ce délai, après élimination des mâles, nous avons réparti l'essai en trois séries comprenant chacune 50 femelles dont la descendance a été suivie par repiquages successifs tous les 7 jours.

En outre, dans chaque série on a réaccouplé individuellement les femelles pendant 4 jours avec un jeune mâle vierge à des intervalles réguliers de 28 jours (1re série), 21 jours (2e série) et 14 jours (3e série), puis on a étudié également par repiquages successifs tous les 7 jours les effets de ces accouplements répétés sur la fécondité des femelles.

Les résultats obtenus dans les différents cas sont représentés sur les figures 4, 5, 6, ci-jointes.

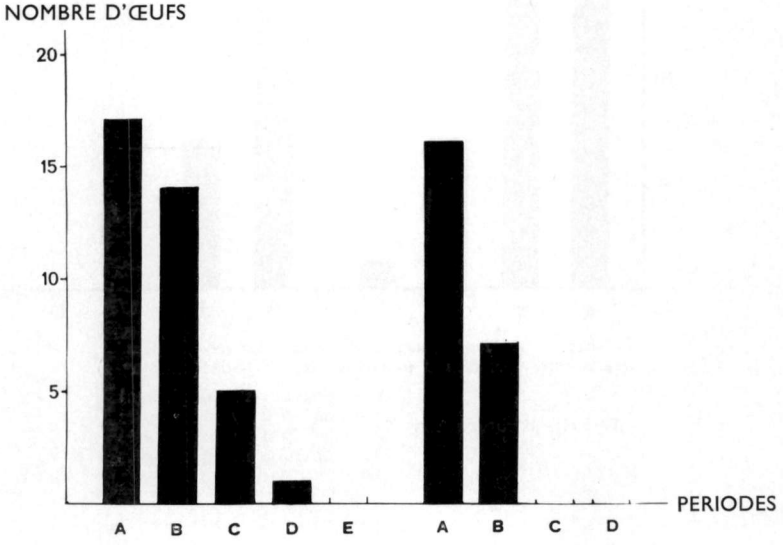


FIG. 4. — *Importance de la ponte chez des femelles réaccouplées pendant 4 jours tous les 28 jours* (série n°1)

Périodes d'observation
A — pendant l'accouplement
B — de 0 à 7 jours après
C — de 7 à 14 jours après
D — de 14 à 21 jours après
E — de 21 à 28 jours après

En ce qui concerne la série n° 1 (fig. 4), les résultats obtenus après le premier accouplement sont similaires à ceux de l'étude précédente : le nombre total moyen d'œufs pondus est de 37 et la période de ponte s'étale sur 25 jours.

Après le second « accouplement », un nouveau cycle de ponte se produit, mais plus réduit (23 œufs) et moins étalé puisqu'il ne s'est jamais prolongé au-delà des 7 jours suivant le désaccouplement.

Signalons à ce sujet que beaucoup de femelles meurent naturellement à partir de 21 jours, ce qui a diminué graduellement le nombre de nos données au cours du 2e cycle de ponte, l'amenant seulement à 5 lors de l'avant-dernier examen (les femelles ayant alors 50 jours) et à une mortalité totale à la dernière observation.

Dans la 2e série (fig. 5), nous obtenons des résultats tout à fait analogues aux précédents, à savoir un 1er cycle de ponte de 38 œufs échelonné sur 25 jours, puis un second cycle de 21 œufs s'étalant sur 11 jours. Ici encore le 3e accouplement n'a pu être réalisé à cause de la mortalité naturelle totale observée à partir de la période D du second cycle.

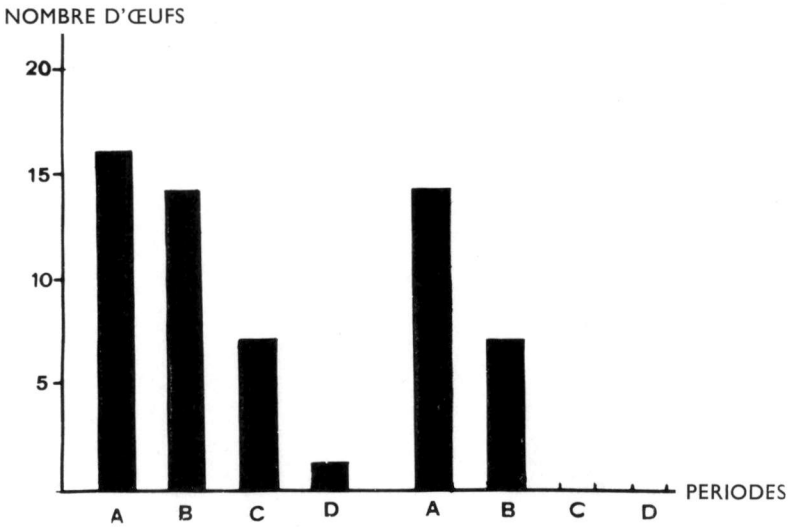


FIG. 5. — *Importance de la ponte chez des femelles réaccouplées pendant 4 jours tous les 21 jours* (série nº 2)

Périodes d'observation
- A — pendant l'accouplement
- B — de 0 à 7 jours après
- C — de 7 à 14 jours après
- D — de 14 à 21 jours après

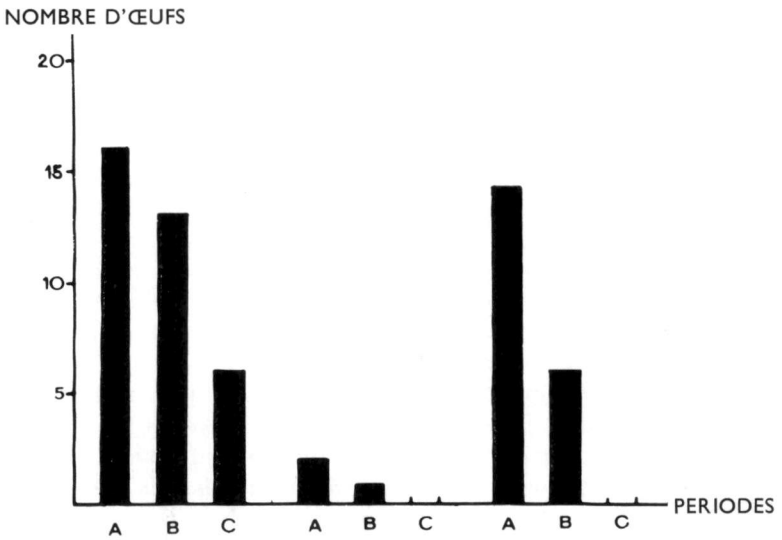


FIG. 6. — *Importance de la ponte chez des femelles réaccouplées pendant 4 jours tous les 14 jours* (série nº 3)

Périodes d'observation
- A — pendant l'accouplement
- B — de 0 à 7 jours après
- C — de 7 à 14 jours après

Dans la série nº 3 (fig. 6) les résultats diffèrent. Si la quantité d'œufs pondus pendant les 18 premiers jours (4 jours de vie en couple + 14 jours suivants) est pratiquement la même que dans les séries nº 1 et 2, il en va tout autrement par la suite.

En effet :

Au cours du 2e accouplement les femelles déposent en moyenne seulement deux œufs et un seul dans les 7 jours qui suivent.

Dans cette série, les femelles étant alors âgées de 36 jours, un 3e accouplement est possible. Il détermine d'ailleurs l'apparition d'un cycle important de ponte d'une vingtaine d'œufs échelonné sur 11 jours, tout à fait semblable au 2e cycle des séries 1 et 2 précédentes.

Là encore, il n'est pas possible de réaliser un 4e accouplement, car les femelles, alors âgées de 54 jours, ont toutes péri.

En définitive, il semble donc que dans le cas où la « mise en présence » des sexes est répétée à des intervalles de 21 à 28 jours, la femelle qui a déposé pendant ce laps de temps sa première série d'œufs, se trouve à nouveau fécondée au cours du deuxième accouplement et effectue un second cycle de ponte.

En revanche, lorsqu'on maintient seulement 14 jours entre les unions, cette période est trop courte pour permettre à la femelle de déposer la totalité de ses œufs et elle se trouve à nouveau en présence du mâle, alors que son premier cycle de ponte n'est pas encore achevé. Dans ce cas, il n'y aurait pas la possibilité d'insémination, ce qui explique l'absence de second cycle dans la série nº 3, les œufs pondus au cours du 2e accouplement et pendant les 7 jours qui suivent provenant encore de la 1re fécondation. En revanche, le 3e accouplement s'opère avec des femelles ayant fini de pondre, la fécondation peut alors se faire, et un 3e cycle se réalise bien que les femelles soient sénescentes.

Pour vérifier cette hypothèse et approfondir les causes d'un tel comportement, nous avons effectué un certain nombre d'observations microscopiques sur des femelles prélevées à des périodes variées dans les différentes séries précitées.

4. *Étude de l'évolution du stock spermatique dans l'appareil génital des femelles.*

En montant des femelles prises à différents moments dans les séries précitées, entre lame et lamelle dans une goutte d'eau distillée, puis en les tuant par la chaleur, on a pu observer avec précision au microscope les modifications suivantes intervenant dans la gonade :

— Si nous prélevons de jeunes femelles primipares venant juste d'être fécondées, nous pouvons dénombrer dans leur spermathèque, en moyenne, 43 spermatozoïdes.

— Si nous examinons des femelles prélevées dans la série nº 1, 28 jours après le 1er accouplement, c'est-à-dire ayant cessé toute ponte, nous remarquons que leur spermathèque est toujours complètement vide.

— Si nous observons des femelles de la 3e série, 14 jours après le 1er accouplement, c'est-à-dire immédiatement avant le second, nous comptons encore la présence de 3 à 4 spermatozoïdes et si nous les examinons tout de suite après ce 2e accouplement, nous constatons que la spermathèque contient seulement une moyenne de 2 spermatozoïdes.

— Si enfin nous examinons la spermathèque de femelles prélevées dans les séries 1 et 2, 14 jours après le second accouplement, c'est-à-dire ayant terminé leur 2e cycle

de ponte, nous constatons qu'on y trouve encore une vingtaine de spermatozoïdes.

Ces observations microscopiques confirment nos hypothèses précédentes. Nous voyons en effet que toute nouvelle insémination ne peut se faire que si la femelle a épuisé le stock de spermatozoïdes qu'elle a reçu lors de la fécondation précédente.

Ainsi, dans la série nº 3, la spermathèque n'étant pas vidée au moment du second accouplement aucune fécondation se s'est produite. En revanche, dans les autres cas, la totalité des spermatozoïdes acquis au premier accouplement a été utilisée et une nouvelle fécondation a pu se faire. Il est à noter qu'une certaine différence semble exister après le 1er accouplement entre la quantité de spermatozoïdes reçus (43) et le nombre de larves écloses (36). YOUNES (1968), ayant fait des remarques identiques chez l'espèce mycophage *Aphelenchoides composticola* FRANKLIN 1957, proposait deux explications à ce phénomène : soit une létalité préférentielle de certains gamètes mâles, soit la stérilité de certains œufs pondus. Nous penchons personnellement en faveur de la seconde hypothèse, car s'il s'agissait de la létalité des gamètes mâles, nous retrouverions les spermatozoïdes stériles inutilisés dans la spermathèque après achèvement du 1er cycle de ponte. Or, dans notre cas, celle-ci est totalement vide.

On doit signaler également qu'au cours du 2e cycle de ponte pour les deux premières séries et du 3e pour la série nº 3, les femelles ne pondent jamais plus d'une vingtaine d'œufs, bien qu'elles aient encore autant de spermatozoïdes en stock. Nous ne devons pas oublier qu'il s'agit d'individus âgés de 45 jours environ et dont le vieillissement doit entraîner une stérilité partielle. Une étude cytologique de l'ovogenèse devrait le confirmer.

IV. — CONCLUSION

L'ensemble de cette étude montre que contrairement à certaines espèces de nématodes qui peuvent être parthénogénétiques ou hermaphrodites, *D. myceliophagus* est une espèce bisexuée à fécondation obligatoire.

En outre, étant donné que la longévité maximale d'une femelle est de 50 jours, et qu'elle doit avoir obligatoirement achevé son premier cycle de ponte (25 jours environ) avant d'être à nouveau inséminée, on conçoit qu'elle ne peut subir que deux fécondations au cours de sa vie, ces deux fécondations lui permettent de pondre une soixantaine d'œufs (40 au premier cycle, 20 au second).

L'impossibilité d'une nouvelle insémination tant que la femelle n'a pas terminé un cycle complet de ponte pourrait s'expliquer par l'existence dans l'utérus de mouvements péristaltiques de direction antéro-postérieure assurant la progression des ovocytes vers la vulve. Les spermatozoïdes ne possédant aucun flagelle propulseur et devant cheminer vers la spermathèque en direction contraire, seraient incapables de pénétrer tant que de tels mouvements inverses s'opposeraient à eux.

Cet espacement des périodes de réceptivité des femelles semble entraîner un espacement corrélatif des copulations. En effet, ayant eu l'occasion d'examiner fréquemment des rassemblements importants de *D. myceliophagus*, nous n'avons jamais pu y observer de phénomènes copulatoires. On peut imputer ceci au fait que les accouplements doivent se produire à l'instant même où une femelle vient d'achever son cycle de ponte, instant difficile à saisir au cours d'examens relativement limités dans le temps.

Étant donné que cette rareté des copulations semble assez générale chez l'ensemble des nématodes appartenant à l'ordre des Tylenchida, on peut penser que les mécanismes de l'insémination sont assez semblables, dans cet ordre, à ceux observés chez *D. myceliophagus*.

Reçu pour publication en mai 1970.

SUMMARY

STUDY OF THE MECHANISM OF INSEMINATION IN THE MYCOPHAGOUS NEMATODE *DITYLENCHUS MYCELIOPHAGUS* (J.-B. GOODEY, 1958)

A method for individual culture of the mycophagous nematode : *D. myceliophagus* was developed. It has been possible to study the mechanism of the insemination in this species, in optimal thermal conditions (20°C). The results of this study are the followings :

The insemination of the female occurs as soon as she is mature, i. e. immediatly after the 4th molting ; the number of fertilizing spermatozoa is about 40.

After the insemination, the female can laid about 40 eggs, during a period of 26 days.

It is necessary that all the spermatozoa of this first insemination are used before a second insemination, and a second egg-laying can occur.

Due to the senescence of the female which causes a partial ovarian sterility only about 20 eggs are laid during this second egg-laying period which extends only on 15 days.

As the maximal life-time of the females of *D. myceliophagus* is about 50 days, the number of eggs laid by a single female is about 60.

The fact that a second insemination period cannot occur before all the spermatozoa of the first-one are used, could be explained by supposed occurrence of peristaltic movements of the uterus involved in the transit process of the ovocytes. So the non flagellate spermatozoa of *D. myceliophagus* should be unable to reach the spermatheca during this movements period.

This supposed process should be the cause of the intervals between the periods during which fecondation is possible.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BRUN J., CAYROL J.-C., 1970. *Étude de l'embryogenèse chez le nématode mycophage* D. myceliophagus (sous presse).

YOUNES T., 1968. *Biologie d'*Aphelenchoides composticola : *nématode parasite des champignons cultivés.* Thèse. Faculté des Sciences de Lyon.

Ann. Zool.Écol. anim., 1970, **2** (3), 339-344.

LES STREPSIPTÈRES PARASITES D'HOMOPTÈRES DANS LE SUD DE LA FRANCE. DESCRIPTION D'UNE NOUVELLE ESPÈCE : *HALICTOPHAGUS AGALLIAE* N. SP.

H. ABDUL-NOUR [1]

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
Centre de Recherches de Montpellier
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Liste des Strepsiptères parasites d'Homoptères dans le midi de la France, avec quelques indications sur leur écologie, et description d'une nouvelle espèce parasite d'*Agallia laevis* RIBAUT (*Jassidae*).

INTRODUCTION

Les Strepsiptères parasites d'Hyménoptères sont connus en France depuis longtemps ; par contre, aucun travail n'a été effectué sur ceux qui parasitent les Homoptères. En tant que vecteurs de viroses, ces derniers sont l'objet d'un intérêt croissant ; il était donc indispensable d'aborder ce nouveau domaine du parasitisme. Les recherches que j'ai entreprises depuis quelques années dans la région languedocienne m'ont permis de découvrir trois espèces de Strepsiptères, dont deux nouvelles pour la science ; je les présente en y joignant quelques remarques d'ordre écologique, me réservant d'effectuer ultérieurement des études plus approfondies sur les relations liant les parasites à leurs hôtes.

Ces trois espèces se répartissent dans deux familles : les *Elenchidae* et les *Halictophagidae*.

[1] Boursier du Conseil national de la Recherche scientifique libanais.

I. — « ELENCHIDAE »

Ils sont spécifiques des *Fulgoroidea*, presque tous parasitant les Homoptères de la famille des *Delphacidae*.

Elenchus tenuicornis (KIRBY) (Syn. *walkeri* CURTIS 1831, *delphacophilus* AHLBERG 1925 ; *chlorionae* LINDBERG 1939).

Il parasite surtout *Ribautodelphax imitans* RIBAUT, delphacide très répandu dans les pelouses à graminées sauvages de la région languedocienne (stations de Montarnaud, Saint-Paul-et-Valmalle, Saint-Gély-du-Fesc, Pic Saint-Loup). L'hôte est présent toute l'année à l'état larvaire ou adulte, ce qui lui permet d'assurer à lui seul le maintien du parasite dans les biotopes où il se trouve présent. Le pourcentage de parasitisme est très variable, non seulement en fonction de la période de l'année où les comptages ont lieu, mais également selon les localités où cet Homoptère est capturé ; il n'est pas rare de trouver des populations parasitées à plus de 60 p. 100. D'autres delphacides non déterminés sont également parasités par ce Strepsiptère.

S'il est abusif d'affirmer avec HASSAN (1939) que presque tous les *Elenchidae* décrits dans le monde entier appartiennent à l'espèce *Elenchus tenuicornis* KIRBY il est actuellement certain que cette espèce est paneuropéenne (RAATIKAINEN, 1966 ; HASSAN 1939.) D'autre part, elle est très probablement l'unique espèce du genre *Elenchus* en Europe. *Elenchus lugubrinus* OGLOBIN, *E. forcipatus* OGL. et *E. dubius* OGL. (Tchécoslovaquie) n'ont été décrits qu'à partir d'individus femelles uniques et leur description ne permet pas de les différencier d'*Elenchus tenuicornis* KIRBY. Ces trois espèces n'ont d'ailleurs été décrites qu'à titre provisoire comme le souligne lui même OGLOBIN (1926). Jusqu'à nouvel ordre, elles doivent être assimilées à *Elenchus tenuicornis* KIRBY.

II. — « HALICTOPHAGIDAE »

Ces Strepsiptères ont dans le monde un spectre d'hôtes très étendu. On les trouve chez plusieurs familles d'Homoptères et même chez certains Orthoptères (*Tridactylidae*) aux Indes et en Extrême-Orient.

Deux espèces sont actuellement connues en France, toutes deux découvertes dans la région languedocienne.

Halictophagus languedoci ABDUL-NOUR

Parasite plusieurs espèces de *Jassidae* (Homopt.) dont le biotope préférentiel est constitué par les pelouses à dominance de *Brachypodium phenicoides* ROEM. et S. de la garrigue. Cette espèce se distingue par une forte épine à la base du tibia antérieur, caractère qu'elle partage en exclusivité avec une espèce nord-américaine : *Halictophagus mackayi* BOHART (ABDUL-NOUR, 1969).

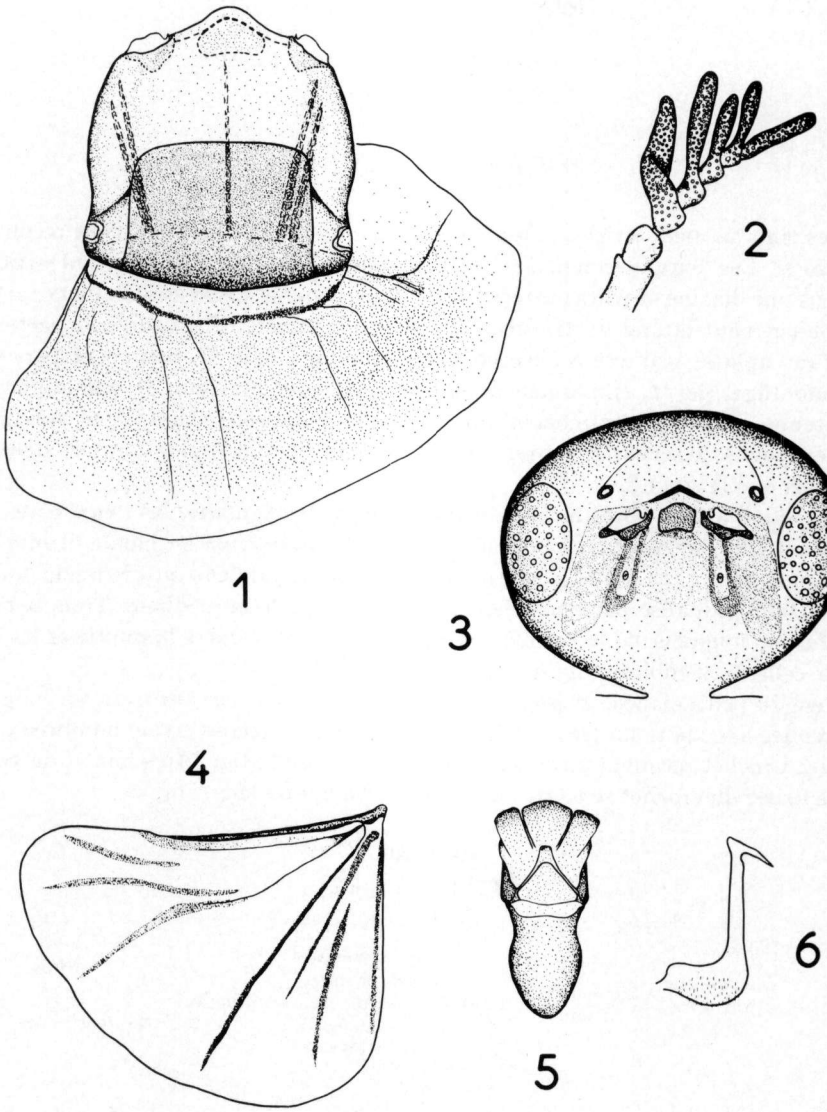


FIG. 1. — *Halictophagus agalliae* n. sp.

1 : Céphalothorax (allotype) ;
2 : Antenne ;
3 : Céphalothèque ;
4 : Aile postérieure;
5 : Métathorax
6 : Pénis.

Hôtes :

Adarrus taurus RIBAUT
Goldeus harpago RIBAUT
Jassargus obtusivalvis KBM
Arocephalus sagittarius RIBAUT
Psammotettix HPT p.p.

Halictophagus agalliae n. sp.

Mâle.

Les cinq derniers articles antennaires sont entièrement et densément recouverts de sensoria. Les deux premiers n'en ont pas. Sur la face dorsale du second article se trouvent une dizaine de soies portées par des tubercules et disposées sur deux rangées. Le prolongement latéral du troisième article est distinctement coudé, la partie distale étant aplatie (caractère observé avant montage dans le baume et persistant après montage) (fig. 1, 2). Largeur de la tête nettement plus grande que la longueur des antennes. Les yeux ont chacun une trentaine de facettes. Les palpes maxillaires sont dépourvus de sensoria, le premier article étant deux fois plus court et deux fois plus épais que le second.

Scutellum à cinq côtés mais de forme presque triangulaire, les deux côtés latéraux étant très courts par rapport aux autres. *Post-lumbium* en bande étroite sous le *scutellum* (fig. 1, 5). Ailes postérieures à contours ondulés ; on distingue un lobe supérieur individualisé par une échancrure au niveau de la médiane. Trois nervures vannales ; la longueur de la première d'entre elles se situe entre la moitié et les deux tiers de celle de la cubitale (fig. 1, 4).

Tige du pénis élancée et sensiblement de même épaisseur sur toute sa longueur. Base renflée avec le talon très régulièrement arrondi et recouvert de nombreux poils très fins. Crochet terminal formant un angle aigu avec la tige. Au sommet de celle-ci et sous le bec du crochet se trouve une petite échancrure (fig 1, 6).

TABLEAU I

Mensurations (*en* μ)

	Longueur du corps (approx.)	Largeur de la tête	Antenne	Sommet de la tête-extrémité postérieure du thorax	Métathorax	Pénis	
						Hauteur	Bec terminal
Holotype	1 640	510	370	1 130	780	102	33
Paratype 1	1 600	—	—	900	700	106	33

Femelle (fig. 1, 1).

Mandibules à une seule dent. Bord externe de ces mandibules ondulé et présentant deux protubérances plus ou moins bien marquées. Dorsalement, le céphalothorax est renforcé par des épaississements longilignes disposés en trois groupes.

Les deux groupes latéraux ont chacun deux épaississements principaux parfois accompagnés de quelques plis beaucoup plus fins, tandis que le groupe médian n'est constitué que d'un seul épaississement occasionnellement accompagné lui aussi par un ou deux autres plis à présence inconstante. Cette disposition en trois groupes se rencontre chez les trois types examinés et parait être une caractéristique de l'espèce. Forme générale du céphalothorax nettement quadrangulaire. En arrière des spiracles, une épaisse bordure marque nettement la séparation entre le céphalothorax et son prolongement postérieur (contrairement à ce que l'on observe chez *H. languedoci* ABD où il n'y a pas de discontinuité entre ces deux parties sur la face ventrale). Parallèlement à cette bordure et en arrière de celle-ci se trouve un épaississement cuticulaire d'où partent de nombreux plis qui sillonnent le prolongement postérieur du céphalothorax. Abdomen avec trois tubes génitaux.

TABLEAU 2

Mensurations (en μ)

	Largeur			Hauteur	Apex-fente incubatrice
	A la base des mandibules	Au niveau de la fente incubatrice	Au niveau des stigmates		
Allotype	180	236	240	210	106
Paratype 1....	150	214	226	180	92
Paratype 2....	166	210	226	210	94

Hôte : *Agallia laevis* RIBAUT *(Jassidae)*.

Holotype et allotype déposés au Centre de Recherches du Midi, laboratoire de Zoologie, Montpellier. Paratypes dans la collection de l'auteur.

Si *Halictophagus agalliae* n. sp. se distingue d'*H. languedoci* ABD par de très nombreux caractères (ABDUL-NOUR, 1969), il présente, par contre, des affinités certaines avec trois espèces américaines : *H. americanus* PERKINS, *H. omani* BOHART et *H. insularum* PIERCE.

Caractères communs aux quatre espèces.

Absence de *sensoria* sur les deux premiers articles antennaires et les palpes maxillaires ; *scutellum* de forme triangulaire ; *post-lumbium* en bande allongée sous le *scutellum*.

Caractères distinctifs.

a) *H. americanus* PERKINS : cette espèce a un pénis pratiquement identique à celui d'*H. agalliae* n. sp., mais s'en distingue par son *scutum* échancré de part et d'autre du *prescutum*.

b) *H. omani* BOHART : métathorax et pénis très voisins de ceux *d'H. agalliae* n. sp., mais femelle de forme nettement triangulaire.

c) *H. insularum* PIERCE : métathorax identique à celui d'*H. agalliae* n. sp., mais pénis à tige principale infléchie et rejetée en arrière, formant un angle aigu avec la base.

Reçu pour publication en avril 1970.

SUMMARY

THE *STREPSIPTERA, HOMOPTERA* PARASITES IN SOUTHERN FRANCE. DESCRIPTION OF A NEW SPECIES : *HALICTOPHAGUS AGALLIAE* N. SP.

List of the Strepsiptera parasitic on Homoptera in south France, with some ecological notes and the description of a new species : *Halictophagus agalliae* n. sp.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDUL-NOUR H., 1969. Une nouvelle espèce de Strepsiptère parasite de *Jassidae* (Homopt.-Auchen.) : *Halictophagus languedoci* n. sp. *Ann. Soc. Ent. Fr.* (N. S.), **5**, (2), 361-369, 3 pls.

AHLBERG O., 1925. Zikaden-Parasiten. *Medd. Centralalnst. Försöks. Jordbruks.*, Stockholm, n° 287 (Ent. Avdel n° 46), 79-86.

BOHART R. M., 1941. A revision of the *Strepsiptera* with special reference to the species of North America. *Univ. Calif. Publ. Ent.*, **7**, 91-160.

BOHART R. M., 1943. New species of *Halictophaqus* with a key to the genus in North America (*Strepsiptera-Halictophagidae*). *Ann. ent. Soc. Amer.*, **36**, 341-359.

HASSAN A. I., 1939. The biology of some british *Delphacidae* (Homopt.) and their parasites with special reference to the *Strepsiptera*. *Trans. R. ent. Soc.*, **89**, 345-384.

LINDBERG H., 1939. Der parasitismus der auf *Chloriona-Arten* (Homoptera-Cicadina) lebenden Strepsiptera *Elenchinus chlorionae* n. sp., sowie die Einwicklung derselben auf ihren Wirt. *Acta zool. fenn.*, **22**, 179.

LINDBERG H., 1949 : On stylopisation of aeropids (Homopt.). *Acta zool. fenn.*, **57**, 1-37.

OGLOBIN A. A., 1926. The new *Strepsiptera* of the collections of the National Museum, Prague. *Sbornik ent. Odd. narod. Mus. Praze*, **4** (38), 133-142.

RAATIKAINEN M., 1966 : The effect of different sexes of the parasite *Elenchus tenuicornis* KIRBY on the morphology of the adult *Javasella pellucida* F. (*Delphacidae*). *Ann. Ent. Fenn.*, **32**, 138-146.

Ann. Zool.Écol. anim., 1970, **2** (3), 345-355.

INCIDENCES DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DE DIVERS PUCERONS (*HOMOPTERA, APHIDIDAE*) SUR LE POTENTIEL DE MULTIPLICATION DE *CHRYSOPA PERLA* (L.) (*NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE*) [1]

M. CANARD

Laboratoire d'Entomologie,
Faculté des Sciences, 118, Route de Narbonne, 31 - Toulouse

RÉSUMÉ

Cinq Pucerons sont testés comme nourriture larvaire et imaginale de *Chrysopa perla* (L.) ; ce sont *Aphis sambuci* L., *Brevicoryne brassicae* (L.), *Macrosiphum rosae* (L.), *Megoura viciae* (BUCKTON) et *Myzus persicae* (SULZ.). On évalue la rapidité du développement, le taux de survie jusqu'au stade imaginal, la rapidité de maturation des œufs et la fécondité. Le potentiel de multiplication est très différent suivant la nourriture absorbée : excellent pour *Myzus persicae* (SULZ.), moyen pour *Aphis sambuci* (L.) et pour *Macrosiphum rosae* (L.), faible pour *Brevicoryne brassicae* (L.) et pratiquement nul pour *Megoura viciae* (BUCKTON).

INTRODUCTION

Parmi les insectes prédateurs, les Chrysopes sont considérées comme particulièrement polyphages (PARISER, 1919 ; KILLINGTON, 1936), le plus souvent à la suite d'observations isolées concernant la prise d'un seul repas. Cependant, comme le fait remarquer OKAMOTO (1966), l'acceptation d'une proie ne nous renseigne pas sur la valeur alimentaire de celle-ci, que cette consommation soit fortuite ou même régulière dans le cas d'une raréfaction ou d'une disparition des proies sélectives. Or, on sait que l'une des clés du succès dans la lutte biologique par l'utilisation des aphidiphages réside dans une bonne connaissance de la spécificité alimentaire (THOMPSON, 1951), c'est-à-dire de l'acceptation et de la convenance d'une proie possible, puis de

[1] Ce travail est une participation au Programme Biologique International : Lutte biologique contre les Aphides (G. R. A. L. E.)

la concordance écologique. De nombreux chercheurs concourent à cette connaissance, particulièrement sur les Coccinelles (HODEK, 1967) et, à un moindre titre, sur les autres prédateurs aphidiphages. Ainsi ont été apportées des précisions intéressantes. La convenance alimentaire (HODEK, 1962 ; BLACKMAN, 1966 ; OKAMOTO, 1966) pose le problème de la variation de fécondité, parfois de la présence même du prédateur ; les facteurs d'origine non trophique comme le microclimat, la strate préférentielle de végétation (IPERTI, 1965 et 1966) sont apparus eux aussi importants ainsi que la quantité de nourriture absorbée (GAWANDE, 1966) et l'utilisation de cette biomasse pour la croissance, la longévité et la reproduction (HAGEN et SLUSS, 1966 ; SMITH, 1966) ;

A ce jour, les Chrysopes aphidiphages n'ont pas fait l'objet d'expérimentation précise en ce sens. Abordé par MEYER et MEYER (1946) sous l'aspect de la sélection possible, par MUMA (1957) pour les variations morphologiques et biologiques, puis par HAFEZ et ABD-EL-HAMID (1965) pour préciser le choix entre une proie aphidienne ou une autre et leur convenance respective, le problème de la convenance alimentaire n'est encore guère avancé. Nous avons voulu apporter quelques indications sur cet aspect de la nutrition dans des conditions de laboratoire, en essayant en outre de préciser son action sur les différents facteurs de multiplication de l'espèce.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

L'étude a été faite sur *Chrysopa perla* (L.), espèce aphidiphage à l'état larvaire et à l'état adulte. La souche utilisée est polyvoltine ; elle a été sélectionnée au laboratoire à partir d'individus capturés à Toulouse dans une population naturelle contenant 75 à 85 p. 100 d'individus entrant en diapause lors de la première génération, puis 50 à 55 p. 100 lors de la deuxième et enfin plus de 99 p. 100 lors de la troisième et dernière génération. Les larves sont entretenues dans l'élevage de masse avec une nourriture aphidienne, constituée exclusivement ou en grande partie de *Myzus persicae* (SULZ.) ; les adultes reçoivent en outre une pâtée de miel et pollen. La *sex-ratio* (S) est toujours voisine de 1/2, le nombre d'œufs stériles est insignifiant.

Dans l'expérimentation relatée ici, les conditions climatiques d'élevage sont uniformément les suivantes : température 20 $\pm$ 0,5°, humidité relative de 60 à 70 p. 100, éclairement de 3 000 lux environ assuré par des tubes fluorescents pendant une durée de 16 heures par jour. Les imagos sont placés par couples dans des boîtes transparentes, aérées en dessus par une grille fine, mesurant 170 $\times$ 105 $\times$ 75 mm. Chaque couple dispose d'eau de boisson dans un petit abreuvoir garni de coton hydrophile. Les larves sont élevées isolément afin d'éviter le cannibalisme. On utilise des tubes transparents grillagés à l'une de leurs extrémités, dont le diamètre est de 20 mm et la hauteur de 36 mm. Quinze tubes regroupés constituent un lot.

La nourriture à tester sur une génération complète est constituée exclusivement de Pucerons. Nous avons utilisé indépendamment cinq espèces communes qui sont :

(A) *Myzus persicae* (SULZ.) obtenu d'élevage sur germes de Pomme de terre *Belle de Fontenay* ou *Sirtema*.
(B) *Macrosiphum rosae* (L.) prélevé dans la nature sur jeunes pousses de *Rosa canina* L.
(C) *Aphis sambuci* (L.) prélevé dans la nature sur pousses de *Sambucus nigra* L.
(D) *Megoura viciae* (BUCKTON) prélevé dans la nature sur jeunes plants de *Vicia sativa* (L.).
(E) *Brevicoryne brassicae* (L.) prélevé dans la nature sur Colza *Brassica napus* (L.).

Les Pucerons sont distribués tous les deux jours aux jeunes larves et quotidiennement aux larves de troisième stade. Les restes des Pucerons consommés ou morts sont enlevés périodiquement afin d'éviter toute pourriture dans les tubes d'élevage. L'émergence des imagos se fait dans le même tube ; on y introduit préalablement une languette de papier-filtre pour permettre la fixation de la nymphe mobile et faciliter ainsi ultérieurement la mue imaginale.

RÉSULTATS

L'expression du potentiel de multiplication d'un organisme est réglée par un certain nombre de facteurs modificateurs (JOURDHEUIL, 1965) dont les principaux sont relativement faciles à déterminer. Ce sont essentiellement la *sex-ratio*, le taux de survie, la fécondité et la rapidité du développement. Connaissant ceci, dans une situation biologique donnée, on peut alors évaluer l'accroissement d'une population à l'aide d'indices de multiplication liés à ces facteurs.

Ainsi, le taux net de reproduction (*net reproduction-rate*)

$$R = (S) \times (V) \times (O) \text{ où } \begin{cases} S = \textit{Sex-ratio} \\ V = \text{Taux de survie} \\ O = \text{Nombre d'œufs fertiles émis par chaque } ♀ \end{cases}$$

Mais ce taux, s'il donne une idée de l'accroissement numérique d'une génération à la suivante, ne donne, par contre, aucune indication sur la vitesse de cet accroissement. Or, le facteur temps est important, tout particulièrement en matière de lutte anti-aphidienne : on sait d'une part la rapidité et parfois l'irréversibilité des dégâts causés, et d'autre part la fugacité des pullulations aphidiennes dans les biotopes occasionnels indispensables au maintien des aphidiphages (IPERTI, 1965). Aussi peut-on exprimer la capacité intrinsèque de multiplication (*innate capacity for increase*) qui fait intervenir ce temps de développement ; elle est liée au taux précédent par la relation :

$$r = \frac{\log_e R}{T} \text{ où } \begin{cases} R = \text{Taux net de reproduction} \\ T = \text{Durée moyenne d'une génération} \end{cases}$$

Enfin l'indice de croissance d'ANDERSON (1962) (*growth-rate index*) permet dans certains cas de juger de la croissance d'un prédateur. C'est :

$$C = \frac{P_i}{T_l} \text{ où } \begin{cases} P_i = \text{Poids de l'imago à jeun} \\ T_l = \text{Durée du développement larvaire.} \end{cases}$$

Pour apprécier les divers facteurs, nous avons mesuré au cours d'élevages simultanés les éléments essentiels dont les données chiffrées sont regroupées dans le tableau 1.

1. *Pour le taux de survie*, on note :

— le nombre de larves au départ de l'expérience ..... N_0
— le nombre de larves effectuant la totalité du développement dans sa phase prédatrice active, c'est-à-dire atteignant le stade de tissage du cocon ..... N_l
— le nombre d'imagos bien formés obtenus à partir des cocons normaux ..... N_i
De plus, on pèse les cocons dont le poids moyen est ..... P

Ainsi, le taux de survie
- larvaire est ..... $V_l = N_l/N_0$
- nymphal est ..... $V_n = N_i/N_l$
- général est ..... $V = N_i/N_0$

TABLEAU I

Facteurs de multiplication de Chrysopa perla *L. nourries avec divers Pucerons. Différences significatives par rapport à A au seuil de 5 p. 100 (*), au seuil de 1 p. 100 (**)*

	Puceron utilisé comme alimentation	Nombre d'individus N_o	Nombre de larves terminant leur vie active N_l	Nombre d'imagos obtenus (+ nombre de prénymphes en diapause) N_i	Poids moyen des cocons (en mg) P	Temps moyen de développement larvaire actif (en jours) ± erreur-type T_l	Temps moyen de maturation du premier œuf (en jours) T_m	Nombre moyen d'œufs déposés le 15e jour par femelle pondeuse O_p	Nombre de femelles pondeuses pour 5 couples (pondant encore le 15e jour) F_p	Nombre de jours de ponte des 5 femelles pendant 15 jours J
A	*Myzus persicae* (SULZ.)	45	44	39 (+ 4)	14,0	12,85 ± 0,119	4,2 (4-5)	350	5/(5)	75
B	*Macrosiphum rosae* (L.)	30	30	26 (+ 1)	12,9	13,36 * ± 0,139	5,4 (5-6)	191	5/(1)	53
C	*Aphis sambuci* L.	29	24	20 (+ 0)	12,6	14,02 ** ± 0,200	6,0 (5-7)	235	3/(2)	35
D	*Megoura viciae* BUCKTON	15	11	9 (+ 2)	14,0	15,04 ** ± 0,434	8,0 (7-9)	10	2/(0)	5
E	*Brevicoryne brassicae* (L.)	15	9	7 (+ 0)	10,3	19,20 ** ± 0,430	10,3 (9-12)	75	3/(0)	31

Comme la souche utilisée n'est pas totalement dépourvue de possibilité d'entrées en diapause, quelques jours après l'émergence du dernier imago, les cocons restants sont ouverts. On vérifie qu'il y a des prénymphes en diapause ; dans ce cas, celles-ci sont alors comptées en tant qu'imagos potentiels avec les Chrysopes vivantes.

2. *Pour la fécondité,* nous n'avons pas compté le nombre maximal d'œufs émis par les femelles étant donné la grande variabilité dans la longévité et l'imprécision tant sur les causes de la mort que sur l'état des ovaires à ce moment-là. Toutes les données sont relatives aux 15 premiers jours de ponte et les chiffres qui en découlent ne sont que des indices de la fécondité.

— Le nombre moyen d'œufs émis par femelle pondeuse est. O_p
— Le nombre de femelles pondeuses pour cinq couples est.. F_p
— Enfin, on compte le nombre de jours de ponte pour les cinq couples ..... J
La fécondité moyenne de la population est ..... $O = O_p \times F_p/5$

Quel que soit le régime aphidien, les œufs pondus par les femelles lorsqu'elles sont fécondées sont tous fertiles. Seules les femelles non fécondées pondent occasionnellement quelques œufs stériles ; le plus souvent, ces œufs sont abandonnés au sol, sans pédicelle, ou bien sont consommés par auto-oophagie. Il nous a semblé plus logique de considérer ces pontes anormales comme nulles. Aussi, adopte-t-on uniformément un cœfficient de fertilité de 1.

TABLEAU 2

Indices exprimant le potentiel de multiplication de Chrysopa perla *L. nourrie avec divers Pucerons*

Régime	Taux de survie larvaire (%)	Taux de survie nymphale (%)	Taux de survie générale (%)	Fécondité moyenne de la population	Taux net de reproduction	Durée moyenne d'une génération (en jours)	Capacité intrinsèque de multiplication	Indice de croissance
	V_l	V_n	V	O	R	T	r (× 100)	C (× 100)
A	98	98	96	350	175	42,8	2,27	109
B	100	90	90	191	86	44,5	1,88	96
C	83	83	69	141	49	45,8	1,60	90
D	73	100	73	4	1,4	48,8	0,15	93
E	60	78	47	45	10	55,3	0,80	54

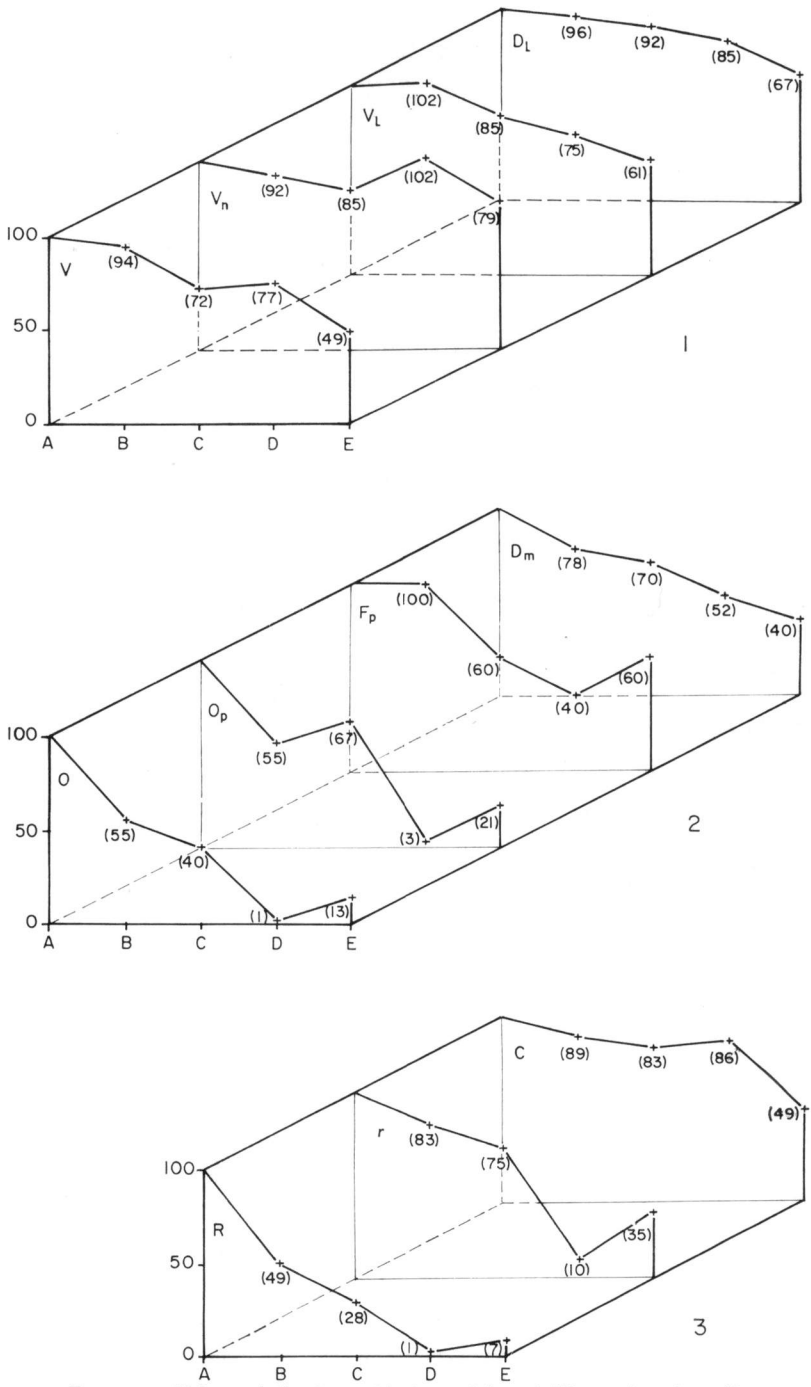


FIG. 1. — *Valeur relative par rapport au régime A* [M. persicae (SULZ.)] *des facteurs de multiplication larvaire*
Dl = rapidité de développement larvaire. Vl = taux de survie larvaire.
V_n = taux de survie nymphale. V = taux de survie générale

FIG. 2. — *Valeur relative par rapport au régime A* [M. persicae (SULZ.)] *des facteurs de fécondité*
D_m = rapidité de maturation des œufs. F_p = nombre de femelles pondeuses.
O_p = fécondité moyenne par femelle pondeuse. O = fécondité moyenne par femelle

FIG. 3. — *Valeur relative par rapport au régime A* [M. persicae (SULZ.)] *des indices exprimant le potentiel de multiplication de* Chrysopa perla (L.)
R = taux net de reproduction. *r* = capacité intrinsèque de multiplication. C = indice de croissance

3. *Pour la rapidité,* on mesure :

— le temps nécessaire au développement des larves depuis l'éclosion jusqu'à l'immobilisation prénymphale ..... T_l

— le temps qui s'écoule entre la mue imaginale des nymphes sorties des cocons et le dépôt du premier œuf par les femelles ..... T_m

Il est à remarquer que la durée d'incubation est indépendante du régime : $T_i = 8{,}05 \pm 0{,}04$ jours ; il en est de même pour les temps d'évolution dans le cocon (stade prénymphal et stade nymphal immobile) : $T_c = 17{,}7 \pm 0{,}2$ jours dont les différences ne sont pas statistiquement significatives.

La durée d'une génération est donc ..... $T = T_i + T_l + T_c + T_m$

La rapidité du développement larvaire est exprimée par ..... $D_l = 1/T_l$

et la rapidité de maturation des œufs ..... $D_m = 1/T_m$

4. *Les indices de multiplication* et les facteurs en permettant le calcul sont consignés dans le tableau 2. On voit tout de suite qu'il apparaît de grosses différences dans la valeur de ces facteurs en fonction des diverses nourritures reçues. *M. persicae* est sans conteste le meilleur aliment, assurant un taux de survie très important, une plus grande rapidité d'évolution, la plus grande fécondité tant individuelle que pour la population puisque toutes les femelles y pondent normalement. Aussi avons-nous comparé tous les résultats à ceux obtenus lorsque la nourriture est constituée de *M. persicae* auquel on donne arbitrairement le coefficient 100 (fig. 1-3).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les Pucerons testés ont donc montré que leur valeur alimentaire est très variable et assure une multiplication soit importante, soit faible, soit même nulle. *Ch. perla* se comporte comme la plupart des Coccinelles et on peut ici aussi distinguer des nourritures essentielles (HODEK, 1962) assurant un développement larvaire normal et la survie d'adultes féconds, ainsi que des nourritures de remplacement (*alternate*) susceptibles de ne fournir que la ration de croissance, éventuellement d'entretien des imagos privés alors de toute activité reproductrice.

M. persicae s'est avéré être en tout point une nourriture excellente. Une monophagie stricte peut être envisagée sans crainte sur ce Puceron comme on a pu d'ailleurs l'expérimenter en élevages de masse depuis plusieurs années.

M. rosae permet un bon développement des larves ; cependant quelques-unes d'entre elles manquent de l'énergie nécessaire pour franchir totalement la nymphose. Les accidents qui apparaissent se situent tous lors de la mue imaginale. L'allongement des temps de développement et de maturation est faible mais net et seule la fécondité est largement diminuée. Ce Puceron est donc convenable, à un niveau toutefois inférieur à celui du précédent.

Avec *A. sambuci*, les taux de survie sont encore corrects. La mortalité se manifeste à égalité entre les larves et les cocons. Les larves meurent en fin de développement lorsque elles ont atteint leur taille maximale, juste avant le tissage du cocon. Par la suite, les Chrysopes meurent tardivement à l'état de nymphes ou au cours de

la mue imaginale. Les femelles issues de cette génération ne pondent pas régulièrement, mais celles qui sont fécondes (3 sur 5) déposent un nombre d'œufs important, bien supérieur à celui que l'on observe lorsque la nourriture est constituée de *M. rosae*. *A. sambuci* n'est donc lui aussi que très partiellement convenable. On sait que ce Puceron donne des résultats différents suivant les Coccinelles et qu'il peut être toxique pour l'une d'elles : *Coccinella septempunctata* L. (Hodek 1956) ; dans ce cas, les larves de Coccinelles ne se développent jamais bien qu'elles s'alimentent apparemment normalement ; la toxicité semble liée à la présence de sambunigrine dans le corps du Puceron (Hodek, 1957 ; Okamoto, 1966). La population de *Ch. perla* se montre donc hétérogène et relativement peu sensible aux effets néfastes d'*A. sambuci*.

Avec *B. brassicae*, la baisse du taux de survie s'accentue. Les larves franchissent toutes le premier stade, mais avec un retard considérable : il dure 6,5 $\pm$ 0,2 jours contre 4,3 $\pm$ 0,06 avec *M. persicae* comme nourriture. L'une d'entre elles meurt à la fin du deuxième stade, les autres qui ne terminent pas la vie larvaire active meurent au début ou au cours du troisième stade. Les cocons, particulièrement petits et légers (10,3 $\pm$ 0,7 mg) donnent des adultes soit stériles, soit capables d'engendrer une descendance réduite. Le résultat est donc comparable à celui que l'on observe sur certaines Coccinelles, notamment sur *Coccinella septempunctata* L. (Blackman, 1967 *a*). Ce Puceron fournit donc une nourriture défectueuse. Cependant le rendement médiocre peut découler de deux origines. Il peut y avoir malnutrition quantitative, la larve prédatrice n'acceptant pas la proie, sinon lorsqu'elle approche de l'inanition. A ce moment seulement, elle change de comportement de chasse comme on a pu le constater quand la nourriture est inaccessible à cause de sa dureté (Canard, 1969) ou à cause de sa non-attractivité (aliment artificiel). Il peut également y avoir véritablement carence alimentaire, la qualité seule intervenant. Les deux cas semblent exister chez les Coccinelles (Hodek, 1967).

M. viciae ne permet pas la reproduction de *Ch. perla*. Il est donc inadéquat comme pour *Adalia bipunctata* L. (Blackman, 1967 *b*) et *Adalia decempunctata* (L.) (Dixon, 1958). Cependant, la toxicité apparaît de manière différente et hétérogène. Les Coccinelles nourries avec *M. viciae* meurent toutes pendant les premières heures de leur vie, en un temps inférieur à celui que l'on observe pour la survie à jeun (Blackman, 1967 *b*). Il en est de même pour *Ch. perla*, mais pour quelques larves seulement qui meurent après absorption d'un seul *M. viciae*. La durée de vie est, dans ce cas, égale à la moitié de celle de la survie à jeun. Passé ce cap, toutes les larves se développent normalement, puis tous les cocons donnent des adultes. Le poids de ces cocons est élevé (14,0 $\pm$ 0,5 mg), égal à celui enregistré avec le meilleur régime (*M. persicae*). L'allongement de la durée de développement larvaire est important ; il peut d'ailleurs ici être d'ordre comportemental : la mobilité des *M. viciae* peut entraîner une difficulté de capture de chaque proie et augmenter le temps de chasse par rapport au temps de succion comme le constate Putman (1957) lorsque la nourriture est constituée d'Acariens. La croissance larvaire est donc bonne, l'indice relatif de croissance supérieur à celui d'*A. sambuci* et comparable à celui de *M. rosae*. Par contre, les adultes manifestent une stérilité presque totale. Deux femelles seulement pondent quelques rares œufs. A noter toutefois que ces œufs sont fertiles et donnent des larves qui n'ont pas été suivies. Sur la génération complète, on peut affirmer qu'il y a non-convenance presque totale mais non absolue de *M. viciae*.

Les facteurs se rapportant à la vie larvaire (fig. 1) font apparaître une action

réduite de l'alimentation sur cette phase de la vie de l'aphidiphage. La rapidité du développement D_l est peu affectée, l'écart maximal est de 33 p. 100 ; le taux de survie larvaire V_l varie d'une manière assez proche, légèrement plus importante toutefois. La mortalité est ici très précoce (*M. viciae*) ou au contraire tardive (les autres), ce qui laisse à supposer des modes d'action nocive fondamentalement différents. A ceci s'ajoute une mortalité nymphale physiologiquement proche de la mortalité larvaire tardive. Mais, à tout considérer, la survie générale V est cependant importante et l'écart maximal occasionné par ce facteur ne dépasse pas 50 p. 100. Les larves de *Ch. perla* semblent assez peu exigeantes quant à leurs besoins de croissance.

En ce qui concerne la reproduction (fig. 2), on voit immédiatement que l'incidence de la monophagie est à ce niveau beaucoup plus importante. Le délai de maturation des œufs T_m est fortement affecté (+ 60 p. 100) tout comme on l'a constaté pour diverses Coccinelles : *Adalia bipunctata* L. (El Hariri, 1966) et *Hippodamia* sp. (Hagen et Sluss, 1966). La fécondité est encore plus lourdement touchée : plus l'animal avance dans son évolution et plus la répercussion d'une malnutrition par monophagie semble marquée. Ici encore, on peut penser à une différence dans le mécanisme intime de la non-convenance de *M. viciae* qui provoque brutalement une inhibition presque totale de la ponte après avoir assuré une croissance normale.

Les indices de multiplication R et r rendent compte de tout ceci (fig. 3) ; ils mettent bien en évidence que le potentiel de multiplication est étroitement lié à la fécondité ; c'est l'élément majeur parmi tous les facteurs envisagés ; son action est dans le rapport de 1 à 88 si l'on considère les cinq régimes et encore de 1 à 8 si l'on met à part le cas de *M. viciae*. Si l'on ajoute que beaucoup de femelles ont une durée d'oviposition inférieure à 15 jours et que certaines ne pondent pas du tout (tabl. 1), on voit que l'incidence réelle de la valeur alimentaire de la proie sur le pouvoir de multiplication du prédateur est encore plus importante qu'on ne l'évalue ici. Quant à l'indice de croissance C, il ne semble pas donner d'indications sur la compatibilité réelle Puceron-Chrysope ; il suit de près le taux de survie général et traduit donc une grande plasticité alimentaire pour les larves ; mais, par la suite, poids et fécondité ne paraissent pas liés.

En conclusion, indépendamment du choix des Pucerons, non envisagé ici, les possibilités alimentaires sont assez vastes chez *Ch. perla* : l'espèce est effectivement polyphage principalement à l'état larvaire. Toutefois, le rendement écologique varie dans de grandes proportions. Une stricte monophagie au niveau d'une agrobiocénose dont le caractère artificiel est parfois très poussé doit être envisagée avec circonspection. D'autant plus que les problèmes d'acceptation et de choix des proies sont complexes et ne vont pas forcément dans le sens du rendement prédateur comme l'a constaté El Hariri (1966) : si *Aphis fabae* scop. est le Puceron le plus attractif *dans les cultures* pour *Adalia bipunctata* L., l'expérimentation prouve qu'il est un aliment médiocre pour cette Coccinelle. La recherche d'une bonne efficacité prédatrice des Chrysopes doit peser tous ces éléments. A moins que l'on ne s'oriente délibérément vers une introduction massive et régulière de Chrysopes, mettant ainsi au départ le prédateur en situation de faible densité de proies comme le pratiquent les expérimentateurs américains pour la lutte contre les Noctuelles du coton (Ridgway et Jones, 1969).

Reçu pour publication en avril 1970.

SUMMARY

INCIDENCES OF THE ALIMENTARY VALUE OF SEVERAL APHIDS (*HOMOPTERA, APHIDIDAE*) ON THE MULTIPLICATION RATE OF *CHRYSOPA PERLA* (L.) (*NEUROPTERA, CHRYSOPIDAE*)

Five common aphids are tested as food for *Chrysopa perla* L. in a monophagous diet, during the larval and imaginal life. There are : *Aphis sambuci* L., *Brevicoryne brassicae* (L)., *Macrosiphum rosae* (L.), *Megoura viciae* (BUCKTON) and *Myzus persicae* (SULZ.). The alimentary value is judged with the assistance of different elements indicated table 1.

Index of the potential of multiplication (table 2) are :

— larval, nympjhal and general survival rates,
— fecondity
— net reproduction rate
— innate capacity for incraese in number
— growth-rate index.

These index show that *Chrysopa perla* is unsensible to the food quality during the larval stage ; the repercussion is important during the reproductive stage. Fecondity is thus the determining factor of the potential of reproduction value meanwhile the growth rate index have not here a graet useful biological signification.

In all respects *Myzus persicae* (SULZ.) gives the best result. *Macrosiphum rosae* (L.) is proving to be satisfactory for all the measured elements. *Aphis sambuci* (L.) induces a non negligible larval and nymphal mortality and a partial imaginal sterility ; so it is suitable at a mean level, only for a population part. *Brevicoryne brassicae* (L.) gives a result of the same kind but at a distinctly lower level, so that the progeny is reduced. *Megoura viciae* (BUCKTON) is not suitable, seeing that there are pratically no progeny. Nevertheless the larval development with regard to the rate and the growth rate index is very good, but adults are substeriles.

Results are near to those recorded on Coccinellid. But *Chrysopa perla* foreshadows a greatest adaptive possibility for a monophagous diet.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSON N.-H., 1962. Growth and fecundity of *Anthocoris* spp. reared on various prey (*Heteroptera, Anthocoridae*) *Entomol. exp. appl.*, **5**, 40-52.

BLACKMAN R.-L., 1966. The development and fecundity of *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella septempunctata* L. feeding on various species of Aphids. In HODEK I. *Ecology of aphidophagous insects*, 41-43, W. Junk, The Hague.

BLACKMAN R.-L., 1967 *a*. The effects of different aphid foods on *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. *Ann. appl. Biol.*, **59**, 207-219.

BLACKMAN R.-L., 1967 *b*. Selection of aphid prey by *Adalia bipunctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. *Ann. appl. Biol.*, **59**, 331-338.

CANARD M., 1970. L'oophagie des larves du premier stade de Chrysopes (*Neuroptera, Chrysopidae*). *Entomol. exp. appl.* (sous presse).

DIXON A.-F.-G., 1958. The escape responses shown by certain aphids in the presence of the Coccinellid *Adalia decempunctata* (L.). *Trans. R. entomol. Soc. Lond.*, **110**, 319-334.

EL HARIRI G., 1966. Laboratory studies on the reproduction of *Adalia bipunctata* L. (*Coleoptera, Coccinellidae*). *Entomol. exp. appl.*, **9**, 200-204.

GAWANDE R.-B., 1966. Effect of constant and alterning temperature on feeding and development of *Chilomenes sexmaculata* FB. In HODEK I., *Ecology of aphidophagous insects*, 63-67, W. Junk, The Hague.

HAGEN K.-S., SLUSS R.-R., 1966. Quantity of Aphids required for reproduction by *Hippodamia* spp. in laboratory. In HODEK I., *Ecology of aphidophagous insects*, 47-59, W. Junk, The Hague.

HAFEZ M., ABD-EL-HAMID A., 1965. On the feeding habits of the aphid-lion, *Chrysopa vulgaris* SCHN. *Agric. Res. Rev.*, **43**, 37-46.

HODEK I., 1956. The influence of *Aphis sambuci* L. as prey of the lady-bird beetle *Coccinella septem punctata* L. (en tchèque). *Acta Soc. zool. Bohemoslov*, **20**, 62-74.

HODEK I., 1957. The influence of *Aphis sambuci* L. as food for *Coccinella septempunctata* L. (en tchèque). *Acta Soc. entomol. Čechoslov*, **54**, 10-17.

HODEK I., 1962. Essential and alternative food in insects. *Verh. XI int. Kongr. Entomol.*, Wien 1960, **2**, 698-699.

HODEK I., 1967. Bionomics and ecology of predaceous *Coccinellidae*. *Annu. Rev. Entomol.*, **12**, 79-104.

IPERTI G., 1965. Contribution à l'étude de la spécificité chez les principales Coccinelles aphidiphages dans les Alpes-Maritimes et les Basses-Alpes. *Entomophaga*, **10**, 159-178.

IPERTI G., 1966. Specificity of aphidophagous Coccinellids in South-eastern France. In HODEK I., *Ecology of aphidophagous insects*, 31-34, W. Junk, The Hague.

JOURDHEUIL P., 1965. Facteurs limitatifs et modificateurs de l'expression du potentiel de multiplication d'un animal. *Ann. Épiphyties*, **16**, 384-390.

KILLINGTON F.-J., 1936. *A monograph of the British Neuroptera*, vol. 1, 152-161, Ray Soc., London.

MEYER N.-F., MEYER Z.-A., 1946. The formation of biological forms in *Chrysopa vulgaris* SCHR. (*Neuroptera, Chrysopidae*) (en russe). *Zool. Zhurn.*, **25**, 115-120.

MUMA M.-H., 1957. Effect of larval nutrition on the life cycle, size, coloration and longevity of *Chrysopa lateralis* GUERC. *Fla. Entomol.*, **40**, 5-9.

OKAMOTO H., 1966. Three problems on prey specificity of aphidophagous Coccinellids. In HODEK I., *Ecology of aphidophagous insects*, 45-46, W. Junk, The Hague.

PARISER K., 1919. Beiträge zur Biologie und Morphologie der einheimischen Chrysopiden. *Arch. Natg.*, **83**, 1-57.

PUTMAN W.-L., 1957. Laboratory studies on the food of some Coccinellids (*Coleoptera*) found in Ontario peach orchards. *Canad. Entomol.*, **89**, 572-579.

RIDGWAY R.-L., JONES S.-L., 1969. Inundative releases of *Chrysopa carnea* for control of *Heliothis* on cotton. *J. econ. Entomol.*, **62**, 177-180.

SMITH B.-C., 1966. Effects of food on some aphidophagous *Coccinellidae*. In HODEK I., *Ecology of aphidophagous insects*, 75-89, W. Junk, The Hague.

THOMPSON W.-R., 1951. The specificity of host relations in predaceous insects. *Canad. Entomol.*, **83**, 262-269.

Ann. Zool.Écol. anim., 1970, **2** (3), 357-372.

NOTE SUR L'ACTION DE DEUX ESPÈCES DU GENRE *APHYTIS* EN TANT QU'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE DEUX COCCIDES DES *CITRUS* (*AONIDIELLA AURANTII* MASK. ET *CHRYSOMPHALUS DICTYOSPERMI* MORG.) AU MAROC

C. BÉNASSY et G. EUVERTE

Station de Recherches de Lutte biologique et de Zoologie,
Centre de Recherches d'Antibes
Institut national de la Recherche agronomique
Laboratoire de Lutte biologique,
Direction de la Recherche agronomique, Rabat (Maroc)

RÉSUMÉ

L'utilisation pratique de deux espèces du genre *Aphytis* a été expérimentée au Maroc comme moyen de lutte biologique contre *A. aurantii* et *C. dictyospermi*, Cochenilles nuisibles aux agrumes. La production de l'insectarium en parasites, contrecarrée par le manque de conservation des fruits (*Citrullus vulgaris*, *Cucurbita moschata*) nécessaires aux élevages n'a pas permis de traiter des surfaces identiques toutes les années dans chaque plantation. Les résultats obtenus dans cinq vergers différents du Gharb sont rapportés. L'efficacité des parasites, estimée à la récolte par le pourcentage d'écarts de triage dus à la présence de Cochenilles, est analysée en tenant compte chaque fois de la variété de *Citrus*, de l'abondance initiale des populations de Cochenilles, de la fréquence et de l'importance numérique des lâchers d'*Aphytis* en cours d'année.

I. — INTRODUCTION

Depuis quelques années, divers pays du bassin méditerranéen, encouragés par les résultats obtenus en Californie dans la lutte dirigée contre *Aonidiella aurantii* MASK. par l'utilisation de diverses espèces du genre *Aphytis*, *A. lingnanensis* COMP, *A. melinus* DE BACH, ont entrepris à leur tour des études du même type, avec cependant des optiques distinctes.

Les uns, prenant leur pays comme champ d'application de cette méthode de lutte, importèrent directement les parasites adultes de Californie pour les lâcher immédiatement afin de suivre leur implantation et de juger parallèlement de leur efficacité. Ce fut le cas en Grèce (DE BACH et ARGYRIOU, 1967) et sur une petite échelle en Sicile, dans la région de Catane (INSERRA, 1967).

D'autres pays préférèrent importer les souches et créer chez eux des élevages susceptibles de leur assurer sur place à tout instant le matériel nécessaire à leur expérimentation. Ce fut le cas d'abord d'Israël (COHEN et NADEL, 1962 ; COHEN et KAMBUROV, 1968), partiellement de Chypre (WOOD, 1963) et dernièrement du Maroc (BÉNASSY et EUVERTE, 1967) où l'insectarium édifié n'héberge jusqu'à présent, à la différence d'Israël, que les seuls parasites d'*A. aurantii* (EUVERTE, 1967).

Au Maroc, l'étude préalable du Pou de Californie ayant été réalisée déjà (DELUCCHI, 1965), il fut décidé de concentrer nos efforts sur la production des parasites pour entreprendre ensuite une expérimentation visant l'utilisation pratique des *Aphytis* comme agents de lutte contre *Chrysomphalus dictyospermi* et *A. aurantii* dans des vergers régulièrement traités jusqu'alors. Notre but était de rechercher si la lutte biologique, telle qu'elle était pratiquée, offrait une efficacité suffisante pour réduire les populations de Cochenilles et les maintenir au-dessous d'un certain seuil économique : celui-ci est représenté en première approximation dans la pratique par un taux « d'écarts de triage » (1) des fruits conditionnés de l'ordre de 10 p. 100. En effet, au-delà de ce chiffre une intervention humaine s'impose, si l'on veut sauvegarder la récolte suivante.

II. — MÉTHODES ET TECHNIQUES

Pour atteindre le but que nous nous étions fixés, on installa à Rabat l'élevage compatible avec l'ensemble des volumes disponibles à cet effet.

L'organisation arrêtée, qui reprenait dans tous ses détails la méthode décrite par DE BACH et WHITE (1960), devait fournir à pleine capacité 180 000 à 200 000 parasites quotidiens (BÉNASSY et EUVERTE, 1966).

Mais après une période de mise en route longue, la production prévue ne fut jamais atteinte. La mauvaise conservation des courges (*Cucurbita moschata*, Banana Squash) dans les conditions marocaines limitant sérieusement leur emploi, il fallut faire appel partiellement à d'autres supports tels que les fruits de *Citrullus vulgaris* cultivés plus aisément sans irrigation.

Ceux-ci se révèlèrent à l'usage d'un intérêt limité également, leur conservation d'une année à l'autre n'étant assurée que rarement sans altération. L'approvisionnement irrégulier de l'insectarium en fruits de qualité en résultant rendit difficiles les conditions dans lesquelles se déroula toute l'expérimentation.

Compte tenu des parasites disponibles, les surfaces initiales durent être modifiées selon les cas durant les trois années que dura toute l'expérimentation. Celle-ci fut réalisée dans le Gharb (2) dans des parcelles de plusieurs hectares chacune où l'aspect économique de la lutte entreprise contre *A. aurantii* commandait (BÉNASSY et EUVERTE, 1969).

Face à une production quotidienne de parasites, les lâchers d'*Aphytis* (3) s'effectuaient à raison de deux par semaine par suite de la distance séparant l'insectarium de Rabat des parcelles expérimentales.

(1) Dans toute l'expérimentation rapportée ces « écarts de triage » sont représentés par le pourcentage de fruits qui une fois emballés sont classés à leur sortie des stations de conditionnement comme inexportables par suite de la persistance à leur surface de plus de 5 cochenilles par fruit, à l'exclusion de toute autre cause d'élimination.

(2) Le Gharb est la plaine traversée par l'oued Sebou située au nord de Rabat.

(3) Les 2 espèces *A. lingnanensis* et *A. melinus* étaient chaque fois en mélange, les 2 souches n'ayant pu être maintenues à l'état pur dans les mêmes locaux de multiplication.

Le stockage imposé ainsi à un certain pourcentage des parasites utilisés avait lieu dans les boîtes de transport dans les conditions ambiantes (1). La masse d'adultes libérés chaque fois groupait donc des individus d'âge différent : trois jours au plus séparaient les *Aphytis* les plus âgés de ceux éclos le matin même.

En l'absence de toute donnée précise reliant le nombre de parasites à libérer en verger à la population totale d'*Aonidiella* existant sur un arbre ou dans une plantation — population qu'il est actuellement difficile même d'estimer —, la méthode employée consistait à libérer d'une façon échelonnée les parasites en cours d'année pour atteindre la dose moyenne de 4 000 individus femelles par arbre, soit approximativement un million d'*Aphytis* à l'hectare dans les plantations modernes effectuées à 7 m × 7 m totalisant 200 arbres (196 arbres exactement). L'arbre recevant les parasites chaque fois se situe au centre d'un bloc de 9 arbres, 22 blocs identiques représentant une surface voisine de un hectare dans les conditions de plantations définies plus haut. La dispersion du parasite s'effectuant rapidement, un équilibre s'établit entre l'arbre de lâcher et tous ceux d'un même bloc. Les lâchers s'effectuaient généralement aux heures les plus favorables à la survie des parasites, en fin de journée aux périodes chaudes, en milieu de journée à l'automne comme au printemps.

L'estimation de la survie, puis de l'efficacité des *Aphytis*, faisait appel à diverses méthodes complémentaires les unes des autres.

La récolte d'échantillons et leur mise en éclosoirs permettaient d'abord de connaître l'existence du parasite dans les différentes zones de lâcher ; les variations du taux de parasitisme des populations de femelles d'*Aonidiella* fixées sur rameaux, feuilles et fruits offraient ensuite un bon aperçu de la multiplication des *Aphytis* par rapport à leur hôte, tandis que les écarts de triage dus au Pou de Californie observés sur les fruits à la récolte donnaient une estimation d'ordre économique satisfaisante de l'intérêt pratique des parasites introduits.

III. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE L'UTILISATION DES « APHYTIS »

Si l'on excepte ici, les essais d'acclimatation d'*Aphytis* réalisés dans diverses plantations de zones climatiques variées, la majeure partie des observations sur l'utilisation possible de ces parasites comme méthode de lutte pratique s'effectuèrent essentiellement dans cinq propriétés, trois étant spécialement infestées par *C. dictyospermi* (Kenitra, Sidi-Bouknadel, Sidi-Slimane), *A. aurantii* restant dans les deux autres, situées à Mechra-bel-Ksiri, la seule espèce nuisible.

Ces cinq plantations représentaient chacune un cas précis : elles possédaient des caractéristiques différentes les unes des autres, un antécédent particulier du point de vue lutte chimique contre les Cochenilles et un programme de lâchers d'*Aphytis* dont la fréquence et l'importance numérique dépendaient avant tout de la capacité quotidienne de production des élevages de masse. C'est ainsi que rarement fut respecté le chiffre théorique du million d'individus à l'hectare capable d'assurer aux *Aphytis* toute leur efficacité. Si ce chiffre fut quelque fois dépassé, par contre, il se maintint au-dessous dans la plupart des cas.

— *A Kenitra*, en zone côtière, le verger retenu était constitué de 510 clémentiniers plantés à 3,50 m × 7 m, ce qui correspondait avec 400 arbres à l'hectare, densité double des vergers d'orangers de la région de Ksiri, à une superficie de l'ordre de 1,25 ha.

La dernière intervention réalisée avant les essais d'utilisation des *Aphytis* correspondait à un traitement à base de parathion effectué au cours de l'été 1965.

Au début de l'année 1966, l'infestation par le Pou Rouge était donc encore ré-

(1) Ces conditions en hiver assurent une survie acceptable des parasites, il n'en est pas de même en période chaude (Avril-Octobre) ce qui nous a obligés à augmenter les doses d'*Aphytis* pour des résultats équivalents.

duite et *A. aurantii* se trouvait en petits foyers très dispersés quand intervint le premier des 8 lâchers successifs qui s'échelonnèrent en cours d'année. Ils totalisèrent 1 500 000 parasites, ce qui représentait pour ce verger une dose légèrement supérieure à celle préconisée pour l'obtention d'une efficacité maximale.

A l'automne de cette première année d'essais, la récolte de clémentines, soit 22 tonnes, n'offrait aucun écart de triage dû à la présence de la Cochenille : dès leur libération en vergers, les *Aphytis* furent donc assez efficaces pour maintenir les populations à un niveau réduit et interdire ultérieurement durant la saison toute fixation sur fruit.

Les deux années suivantes, les résultats obtenus demeurèrent imprécis. En effet, les possibilités limitées des élevages ne permirent qu'une distribution réduite des parasites dans cette plantation : 270 000 environ en 1967 et 300 000 en 1968, répartis chaque année en 5 lâchers successifs.

En 1967, sur fruits porteurs de Cochenilles, le taux de parasitisme observé pouvait atteindre en été, au début d'août, jusqu'à 60 p. 100 des femelles. A cette date, le nombre de femelles sur fruit demeurait encore très limité, tandis que le nombre de premiers stades fixés avait tendance à croître. Par la suite, les variations constatées d'un échantillon à l'autre dans le taux de parasitisme, comme dans le nombre de Cochenilles évoluant sur fruits, étaient telles que tout essai d'interprétation demeurait bien aléatoire.

Un phénomène semblable avait lieu l'année suivante : le taux de parasitisme des femelles fixées sur fruits variait de 28 à 45 p. 100 de la fin de l'été jusqu'à la mi-automne. Passé cette époque les parasites demeuraient incapables de réduire les sorties de la troisième génération annuelle d'*A. aurantii* et le nombre d'individus vivants présents sur fruits augmentait brusquement à la mi-octobre. Il est cependant remarquable que les foyers d'*A. aurantii* ne se soient guère étendus et que *C. dictyospermi* ait disparu. Cet état se conservait l'année suivante où en octobre des *Aphytis* de tous stades étaient observés.

— *A Sidi-Bouknadel*, dans la zone subcôtière, le verger intéressé comprenait 1 127 arbres de deux variétés (clémentiniers, mandariniers Wilking) qui, plantés à 3,50 m × 3,50 m soit une densité moyenne de 800 arbres/ha — 4 fois celle des vergers d'orangers de la région de Ksiri — correspondaient à une superficie de l'ordre de 1,50 ha.

Il était contaminé faiblement, mais d'une façon régulière, par *C. dictyospermi* contre lequel une pulvérisation à base de parathion avait été pratiquée durant l'année 1965.

Le premier lâcher débuta 18 mois plus tard, le 3 février 1967 ; il fut suivi de 6 autres supplémentaires échelonnés jusqu'au 4 mars 1968, l'ensemble totalisant 2 300 000 adultes d'*Aphytis*.

Ce chiffre nettement supérieur à celui de la dose normalement préconisée, devait entraîner dans les conditions de la pratique des résultats immédiats. C'est ainsi que dès l'introduction des *Aphytis* dans cette parcelle le taux de parasitisme des femelles de Pou Rouge augmenta régulièrement (fig. 1). De 14,5 p. 100 qu'il était le 7 mars, il atteignait un maximum le 2 mai (40,0 p. 100) et se maintenait ensuite jusqu'en juillet au-dessus de 20,0 p. 100. A cette époque, le parasitisme sur fruits atteignait 50 p. 100 des femelles fixées.

Cette brusque manifestation de la présence des *Aphytis* dès leur introduction en vergers, suivie d'un taux de parasitisme supérieur à 20 p. 100 durant tout le printemps confirmant l'efficacité des parasites, les observations furent interrompues à partir des premiers jours d'août.

Si au moment de la récolte en décembre 1967 aucun contrôle précis ne permettait même pas une estimation de l'importance des écarts de triage dus à *C. dictyospermi*, on doit souligner que dès l'année suivante, la population de Pou Rouge avait pratiquement disparu.

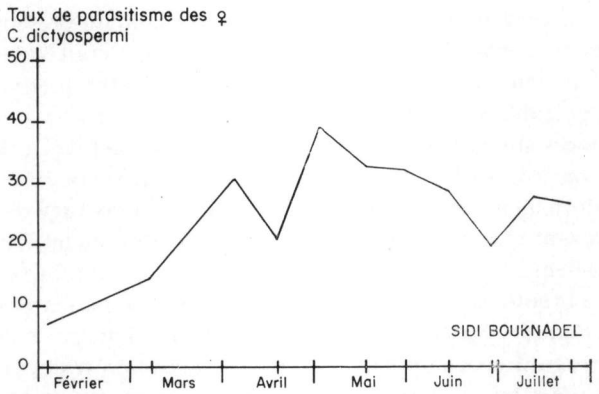


FIG. 1. — *Évolution de l'importance du parasitisme constaté sur les femelles de* C. dictyospermi *fixées sur feuilles de* Citrus *depuis le 3 février jusqu'au 24 juillet* (Sidi-Bouknadel, 1967).

Par contre, çà et là, subsistaient par place quelques populations de *Lepidosaphes beckii* NEWM non tenues en échec par suite de l'abandon dans cette parcelle de tout traitement chimique.

Ce phénomène de remplacement d'une espèce, éliminée ici par un parasite, par une autre existant normalement dans le même milieu, entrevu à Kenitra entre *C. dictyospermi* et *A. aurantii*, se retrouvait aussi dans une parcelle de Sidi-Slimane très fortement infestée par *C. dictyospermi*, où existaient également par place quelques petits foyers d'*A. aurantii*.

L'objet des lâchers dans cette plantation, alors que les cas précédents intéressaient des vergers faiblement contaminés par *C. dictyospermi*, était de rechercher si des lâchers massifs d'*Aphytis* pouvaient éliminer totalement le Pou Rouge et réduire au maximum la multiplication du Pou de Californie.

— *A Sidi-Slimane*, la parcelle d'essais adoptée comprenait 364 arbres de la variété Valencia Late qui, plantés à 7 m × 3,50 m, représentaient une superficie voisine de l'hectare. Le dernier traitement réalisé dans ce verger, une pulvérisation à base de parathion, l'avait été en 1965.

La première année, quatre lâchers totalisant 1 200 000 parasites s'échelonnèrent du 21 juin 1966 au 21 mars 1967, la récolte intervenant le 6 avril 1967.

L'année suivante, 9 lâchers supplémentaires totalisant 1 350 000 *Aphytis* avaient lieu entre le 7 avril 1967 et le 4 mars 1968, la récolte s'effectuant le 25 avril 1968.

La dernière année, du 17 octobre 1968 au 14 avril 1969, par suite du fléchissement notable de la production de l'insectarium, 800 000 parasites seulement furent

introduits dans les plantations en 7 lâchers successifs, la récolte se réalisant le 17 mai 1969.

On doit remarquer que les deux premières années l'importance des lâchers dépassait le nombre d'individus normalement requis pour l'obtention d'une efficacité certaine de la part des *Aphytis* ; la dernière année la dose apportée était voisine de l'optimum quoique légèrement inférieure.

Cet essai entrepris au lendemain d'une récolte de Valencia Late entièrement inexportable, par suite de l'abondance des Cochenilles sur fruits, a conduit aux résultats exposés ci-dessous.

La récolte du 6 avril 1967 après lavage et triage à la main présentait 51,6 p. 100 de fruits porteurs de Cochenilles, mais un tel pourcentage était encore trop important d'un point de vue économique et l'ensemble de cette production fut jugée entièrement inexportable et traitée comme telle.

Les deux années suivantes par suite de l'élimination totale du Pou Rouge due en partie à la présence des *Aphytis* des prédateurs et aux conditions climatiques, la récolte a été normalement conditionnée avec un pourcentage de fruits porteurs d'*A. aurantii* accusant néanmoins les variations nettes intervenues dans l'importance numérique des lâchers.

Les chiffres obtenus sont résumés dans le tableau I où les écarts totaux dus initialement à des causes variées : présence d'*Aonidiella*, marbrures diverses, défauts d'aspect des fruits, gaufrage, calibres non commercialisables, fruits verts ou pourris, ont été repris pour être triés à la main afin d'obtenir chaque fois le poids de la récolte exempte de toute présence de Cochenilles.

TABLEAU I

Sidi-Slimane, *Valencia Late* (Parathion en 1965)

	1968		1969	
Date de récolte	25 avril		17 mai	
		p. 100		p. 100
Poids de la récolte (en kg)	10 917		14 122	
Exportables (en kg)	8 816	62,43	9 022	63,88
Écarts totaux	4 101	37,57	5 100	36,11
Pas de cochenilles	4 016	36,78	3 329	23,57
Peu de cochenilles	20	0,18	632	4,48
Beaucoup de cochenilles..	65	0,59	133	8,02
Poids de la récolte exempte de toute cochenille (kg)	10 832	99,51	12 351	87,45

C'est ainsi qu'en 1968, les oranges infestées encore par les Cochenilles ne dépassaient pas 1 p. 100 de la récolte totale de la parcelle (0,77 p. 100). Il s'agissait

d'*A. aurantii* visible le plus souvent sur les fruits situés sur les branches basses, très chargées, touchant presque le sol.

L'année suivante la production limitée de l'insectarium fut insuffisante pour enrayer une remontée rapide des populations d'*Aonidiella* : à la récolte, le pourcentage d'oranges infestées par les Cochenilles atteignait 12,5 p. 100, chiffre dépassant la limite de 10,0 p. 100 à partir de laquelle une intervention humaine se justifie économiquement, si l'on veut préserver la récolte suivante.

En effet, après une fumigation bien faite réalisée en juillet-août, le pourcentage de fruits attaqués par les cochenilles dans la variété Valencia Late se récoltant en général en mai de l'année suivante, soit 9 mois plus tard, est de l'ordre de 1,5 à 2,0 p. 100. Sur Navel, ce pourcentage, par contre, est négligeable, la récolte s'effectuant à l'automne suivant la fumigation.

Ces résultats, excellents dans l'ensemble, ont incité depuis quelques années déjà certains propriétaires du Gharb, à Ksiri notamment, à supprimer un traitement une année sur deux. Cette particularité nous a conduit à choisir deux vergers dans cette région afin d'essayer de maintenir par des lâchers d'*Aphytis* les populations de cochenilles au bas niveau auquel les avaient réduites les lâchages.

— *A Mechra-bel-Ksiri*, le premier verger industriel planté à 7 m × 7 m (verger 1) se composait de deux parcelles voisines : l'une, de 2 ha et demi environ, comprenait 495 W. Navel et l'autre, de 3 ha et demi environ, totalisait 693 Valencia Late. Il présentait l'avantage, vu le décalage séparant la maturité des Navel de celle des Valencia, d'avoir deux récoltes de fruits par an.

L'autre, un verger industriel également (verger 2) d'une superficie voisine de 2 ha, contenait 405 arbres, plantés à 7 m × 7 m, d'une seule variété W. Navel.

Dans le verger 1, la dernière intervention humaine (une fumigation avant le début des lâchers) avait été réalisée durant l'été 1964, soit 15 mois avant les premières introductions d'*Aphytis*. Cette même intervention avait eu lieu un an plus tard dans le verger 2, soit à peine 6 mois avant les premiers lâchers de parasites.

Ceux-ci intervinrent donc sur des populations numériquement dissemblables d'*A. aurantii*.

Dans le verger 1, en 1966, l'emploi sur Valencia Late de 11 800 *Aphytis* par arbre répartis en 21 lâchers, de 11 000 parasites sur Navel répartis en 14 lâchers, tandis que dans le verger 2, où les populations étaient beaucoup plus réduites, de 4 800 *Aphytis* par arbre, libérés en 11 lâchers, donna des résultats satisfaisants (tabl. 2).

Ces résultats à la récolte étaient satisfaisants dans tous les cas pour les Navel avec 5,88 p. 100 d'écarts dans le verger 1 et 1,43 p. 100 seulement dans le verger 2. Les différences enregistrées reflétaient assez bien l'importance initiale des populations, tandis que le chiffre obtenu sur Valencia Late était en rapport étroit avec la persistance sur l'arbre, durant l'hiver et une bonne partie du printemps, des fruits de cette variété tandis que les Navel se cueillent de 5 à 6 mois plus tôt.

L'année suivante, en 1967 un programme uniforme fut appliqué dans les trois parcelles où les 25 et 26 lâchers successifs mirent en place au cours de l'année dans chaque arbre de 5 000 à 7 000 parasites suivant les cas.

A la différence de l'année précédente, où l'efficacité des *Aphytis* fut appréciée en fonction de l'importance seule des écarts de triage enregistrés à la récolte, il fut procédé dès les premiers lâchers de 1967 à une étude plus précise basée sur le taux

de parasitisme (1) des femelles. Elle était destinée à connaître l'évolution de l'efficacité des parasites dans le temps en vue de prévoir dès l'été quel serait le degré d'attaque des fruits par *A. aurantii* au moment de la récolte.

La figure 2 résume du début de mars jusqu'à la mi-décembre 1967, pour la variété Navel des deux vergers, l'évolution des populations de femelles fixées d'abord

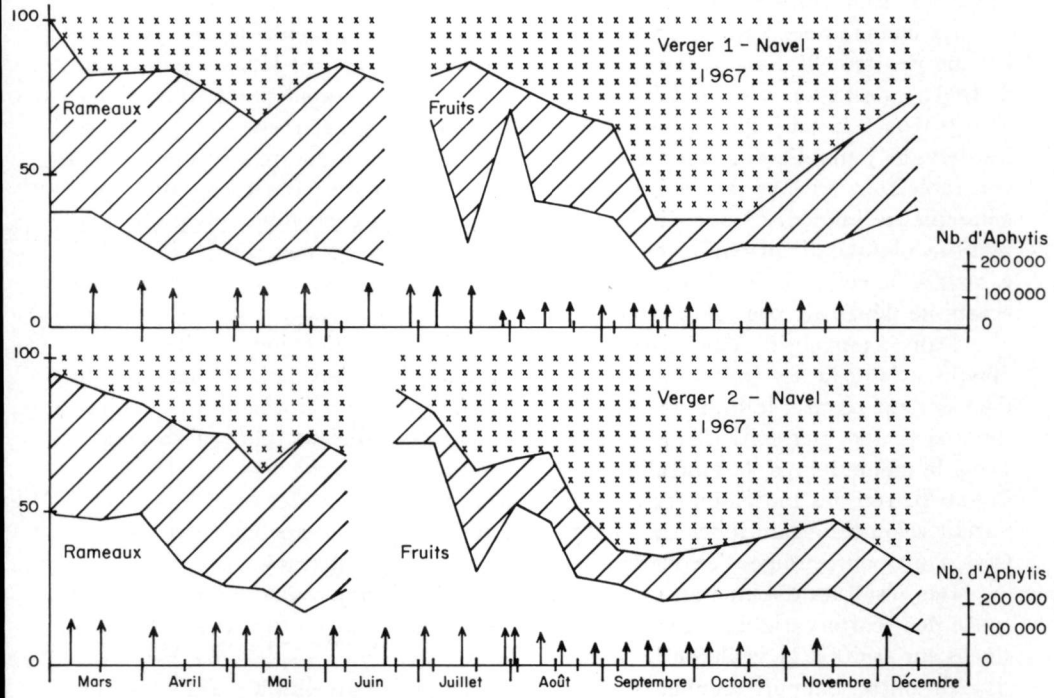


FIG. 2. — *Pourcentage des femelles vivantes* d'A. aurantii *sur rameaux, puis sur fruits du début de mars jusqu'à la mi-décembre 1967 pour la variété Navel des vergers 1 et 2, compte tenu de la mortalité naturelle et du parasitisme.* (voir légende figure 3)
*La fréquence des lâchers successifs d'*Aphytis *est représentée par les flèches dont la taille est proportionnelle à l'importance numérique des individus libérés.*

sur rameaux durant le premier semestre, puis sur fruits au cours du deuxième semestre, compte tenu des lâchers réalisés dans chaque cas.

Dans les deux vergers de Navel, les populations femelles d'*A. aurantii* fixées sur rameaux offraient une évolution comparable caractérisée par une mortalité naturelle variant de 40 à 60 p. 100 environ des individus dénombrés. Tandis que le taux de parasitisme s'établissait entre 14 p. 100 et 33 p. 100 dans le verger 1, entre 5 p. 100 et 37,5 p. 100 dans l'autre, l'importance des femelles vivantes variait selon les échantillons de 20 à 38 p. 100 dans le verger 1, de 30 à 50 p. 100 dans l'autre.

Dès le début de l'été, par contre, sur jeunes fruits le 5 juillet, face à une mortalité réduite (15,8 p. 100) et à un taux de parasitisme peu élevé (13,0 p. 100), l'importance des femelles vivantes atteignait 66,0 p. 100 par exemple dans le verger 1. Entretenu par la suite par des lâchers périodiques d'*Aphytis*, le taux de para-

(1) Ce taux de parasitisme est exprimé par le rapport existant entre les femelles parasitées et l'ensemble des individus de ce stade dénombrés à un moment déterminé.

sitisme augmentait régulièrement jusqu'à la fin d'août (30,5 p. 100) pour s'accroître brusquement en septembre et plafonner ensuite durant tout le mois aux environs de 65,0 p. 100. Compte tenu de la mortalité naturelle visible à cette époque, 20 à 25 p. 100 des femelles du Pou de Californie étaient encore vivantes. Ce chiffre se maintenait jusqu'à la récolte. Celle-ci s'effectuait les 10 et 11 novembre pour accuser après conditionnement 4,22 p. 100 d'écarts de triage.

La même année dans le verger 2, sur jeunes fruits également, le taux de parasitisme des femelles, entretenu comme précédemment par des lâchers périodiques d'*Aphytis*, de 11,0 p. 100 qu'il était le 23 juin, augmentait rapidement. Il atteignait 37,0 p. 100 à la mi-juillet, pour se maintenir ensuite au-dessus de 50,0 p. 100 dès les derniers jours d'août. Compte tenu de la mortalité naturelle relativement stable constatée tout au long de l'été, l'augmentation du taux de parasitisme avait pour conséquence immédiate une diminution du nombre des cochenilles vivantes. Leur nombre plafonnait au chiffre de 23,0 p. 100 en octobre et novembre ; il tombait à 10,9 à la veille de la récolte effectuée les 10-12 décembre, où l'importance des écarts ne dépassait pas 1,0 p. 100.

Dans la parcelle de Valencia Late (fig. 3) depuis les premiers jours de juillet 1967, époque à laquelle les fruits ont la taille d'une noix, jusqu'au mois de mai suivant, date de leur récolte, le taux de parasitisme des femelles se maintenait aux environs de 30,0 p. 100, par suite des lâchers réguliers effectués durant toute cette période. Dans le même temps, la mortalité naturelle se révélait comme très variable (de 10 à 50,0 p. 100 des individus) et en mai 1968, le pourcentage des femelles vivantes variait selon les échantillons de 40 à 50,0 p. 100, ce qui correspondait sur les fruits triés à un pourcentage d'écarts voisins de 9,0 p. 100 (8,83) (tabl. 2).

Des résultats obtenus au cours de l'année 1967, il apparaît donc que l'importance des écarts varie dans le même sens que le pourcentage des femelles vivantes fixées sur fruits à la veille de la récolte.

En outre, l'apport régulier d'*Aphytis* dans les trois parcelles a permis une augmentation de la fraction exportable de la récolte, par suite de la diminution dans tous les cas vis-à-vis de l'année précédente des écarts de triage. Si le fait est peu sensible dans les deux plantations de Navel, il l'est, par contre, pour la variété tardive Valencia Late, où les chiffres passent de 11,51 à 8,83.

L'année suivante, les difficultés intervenues dans les élevages et la baisse sensible qui en résulta dans la production des *Aphytis* firent descendre l'utilisation des parasites au-dessous du seuil normalement préconisé (tabl. 2). La réduction des lâchers intervint en été. C'est ainsi que quatre seulement purent être réalisés du commencement de juin jusqu'à la mi-octobre dans l'ensemble des trois parcelles. C'est pourtant durant cette saison que la protection des fruits réclame au contraire une présence constante des parasites par suite de la tendance manifestée par les larves mobiles d'*A. aurantii*, apparaissant en masse au début de l'été, à se fixer sur fruits. Au début de l'année 1968 dans les deux parcelles de Navel les lâchers successifs d'*Aphytis* joints à une mortalité particulièrement forte des femelles maintenaient une population réduite de femelles vivantes sur rameaux.

Dans le verger 1, exception faite du chiffre du 26 février (44,3 p. 100) le pourcentage de femelles vivantes ne dépassait pas 30,0 p. 100. Il était beaucoup plus réduit dans le verger 2, où le chiffre moyen n'atteignait pas 15,0 p. 100 (fig. 4).

Pratiquement, les parasites ne se manifestaient dans la première plantation

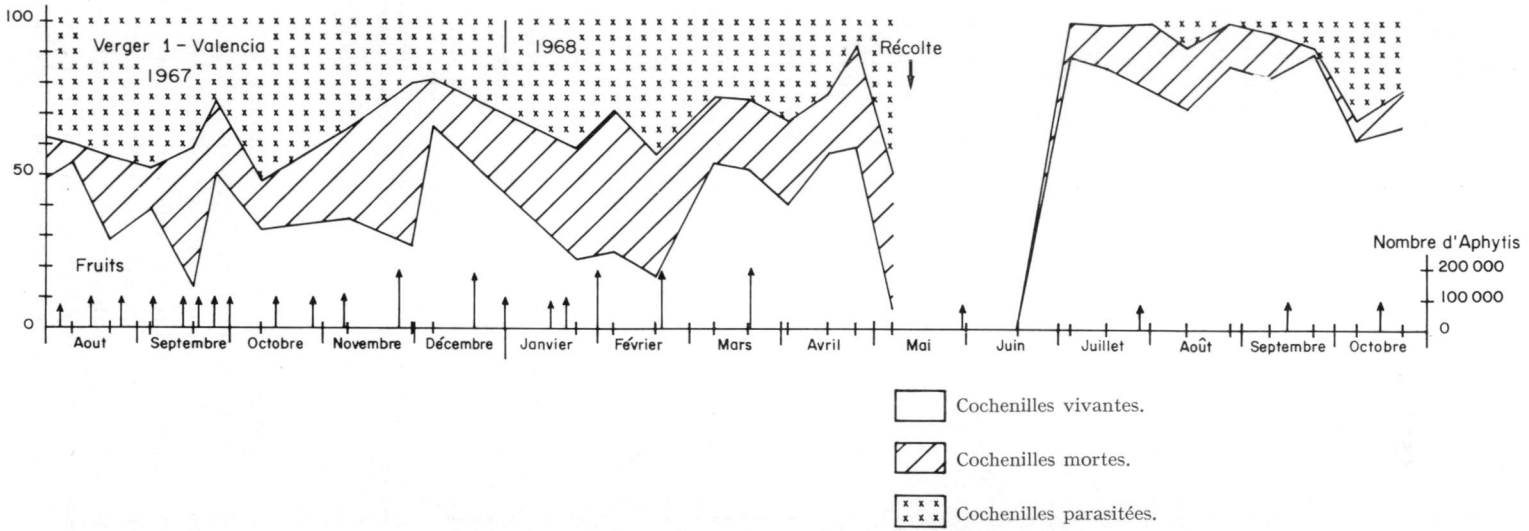


FIG. 3. — *Pourcentage des femelles vivantes* d'A. aurantii *sur fruits de la variété Valencia Late (verger 1) du début d'août 1967 jusqu'à la fin octobre 1968, compte tenu de la mortalité naturelle et du parasitisme.*

*La fréquence des lâchers successifs d'*Aphytis *est représentée par les flèches dont la taille est proportionnelle à l'importance numérique des individus libérés.*

qu'au début de septembre et le taux de parasitisme plafonnait tardivement durant la troisième décade d'octobre à 40,0 p. 100 environ. Compte tenu d'une mortalité relativement faible, près de 55,0 p. 100 des femelles étaient encore vivantes à la veille de la récolte. Un tel chiffre dans les conditions de l'année précédente, où durant tout l'été le taux de parasitisme avait régulièrement progressé à partir du niveau atteint sur rameaux à la fin du printemps, aurait laissé envisager un pourcentage d'écarts de triage de l'ordre du double de celui noté en 1967 et inférieur à 10 p. 100. Mais en 1968 la multiplication des *Aphytis* étant intervenue très tard à l'automne, les 55,0 p. 100 de femelles vivantes en octobre faisaient craindre des écarts beaucoup plus importants. Ils atteignaient, en effet, lors de la récolte réalisée les 1er et 2 janvier 1969, 26,30 p. 100.

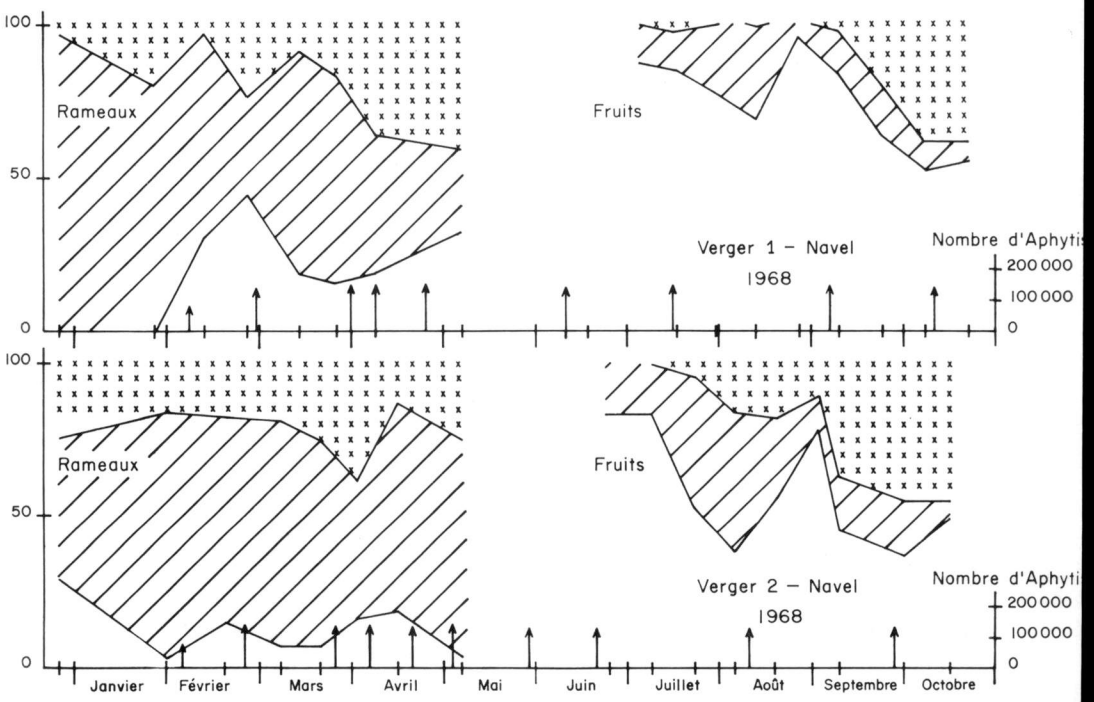


FIG. 4. — *Pourcentage des femelles vivantes d'*A. aurantii *sur rameaux, puis sur fruits du début janvier jusqu'à la fin octobre 1968 pour la variété Navel des vergers 1 et 2, compte-tenu de la mortalité naturelle et du parasitisme.* (voir légende figure 3)
*La fréquence des lâchers successifs d'*Aphytis *est représentée par les flèches dont la taille est proportionnelle à l'importance numérique des individus libérés.*

Dans le verger 2, les *Aphytis* faisaient leur apparition à la mi-juillet (fig. 4). Il fallait attendre l'automne cependant pour qu'on assistât à un accroissement rapide du taux de parasitisme. Il plafonnait aux environs de 45,5 p. 100 à la mi-octobre où, compte tenu d'une mortalité naturelle réduite, près de la moitié des femelles présentes, soit 48,3 p. 100, étaient encore vivantes. Comme précédemment ce chiffre dans les conditions de l'année 1967, où l'importance du parasitisme avait régulièrement progressé depuis le début février, aurait permis de prévoir un pourcentage d'écarts de l'ordre de 5 p. 100 au maximum, 4 à 5 fois supérieur à ce

qu'il était à l'automne 1967. Par suite de la discontinuité manifestée au début de l'été dans les populations de parasites et le report à l'automne de leur multiplication en résultant, l'importance des femelles vivantes à cette saison laissait craindre des écarts de triage plus importants. Ils étaient de l'ordre de 10,3 p. 100 bien que ce chiffre ne puisse être retenu ici qu'à titre indicatif vu le faible poids (1) de fruits sur lequel il a été calculé, la grêle ayant ravagé toute la plantation à la veille de la cueillette.

Sur Valencia Late, la très rapide infestation des jeunes fruits dès leur apparition constatée à la fin de juin en 1968 (fig. 3) réclamait une intervention massive si l'on voulait protéger cette plantation. Les possibilités limitées de l'insectarium ne permirent d'assurer, nous l'avons vu, que quatre lâchers durant l'été sur les huit réalisés pendant les 12 mois s'étendant de la nouaison à la récolte.

Comme dans les cas précédents, la multiplication tardive — les parasites ne se manifestèrent guère qu'à la fin de septembre — et limitée (20 p. 100 le 20 octobre) des *Aphytis* n'offrait aucune résistance au développement de la Cochenille. A l'automne 1968, la récolte de mai 1969 était déjà compromise ; 6 mois plus tard l'importance des écarts atteignait, en effet, 39,6 p. 100.

Des résultats recueillis au cours de l'année 1968, il résulte que la réduction du volume des lâchers intervenus durant l'été dans les trois parcelles a annihilé d'un seul coup la protection des fruits assurée depuis deux ans déjà par l'emploi régulier des *Aphytis*.

Dans tous les cas, la fraction des fruits inexportables par suite de la présence du Pou de Californie dépasse le seuil tolérable économiquement pour une telle production.

L'interruption plus ou moins longue intervenue dans la fréquence des lâchers durant la période critique s'étendant d'avril à juillet et le temps écoulé entre chaque lâcher estival ultérieur, semblent avoir été décisifs des résultats enregistrés.

Ainsi, en se référant à l'année précédente, où l'intervalle séparant deux lâchers successifs ne dépassait pas 15 jours, il apparaît que la régularité rapprochée des lâchers plus que leur importance numérique est déterminante pour lutter efficacement contre la multiplication d'*A. aurantii*.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Après trois ans d'expérimentation, contrecarrée bien souvent par le manque de conservation des fruits, un certain nombre de faits précis se dégagent aujourd'hui.

Contre *C. dictyospermi*, l'efficacité des *Aphytis* est complète, la rapidité avec laquelle ces résultats sont obtenus dépendant de la densité initiale des populations de Cochenilles. Elle est ensuite constante, *C. dictyospermi* ayant disparu du verger l'année suivant les introductions sans qu'il soit nécessaire d'intervenir de nouveau.

Par contre, jusqu'à ce jour chez *A. aurantii* l'efficacité des *Aphytis* demeurerait incomplète dans les conditions marocaines, puisqu'il est nécessaire d'assurer la présence constante des parasites, au moyen de lâchers réguliers répartis toute l'année,

(1) Dans ce cas le poids des fruits triés était de 1 640 kg, alors que dans cette parcelle il était de 19 090 kg en 1967 ; de 13 280 kg en 1966 ; 10 tonnes étant en général la règle chaque année dans toutes les autres parcelles.

pour contenir dans des limites économiquement tolérables le développement du Pou de Californie. L'abandon temporaire du programme d'introduction en été risque, nous l'avons vu, de compromettre immédiatement la récolte pendante.

Aussi, sans vouloir préjuger de ce que sera l'utilisation des *Aphytis* dans les années futures, on doit actuellement l'envisager non comme une acclimatation, où les parasites une fois installés dans un verger s'y maintiennent, mais sous forme de « traitement biologique » réclamant pour être efficace, au même titre d'ailleurs qu'un traitement chimique, d'être renouvelé chaque année.

Ceci nous a amenés à essayer de compléter la comparaison effectuée entre les deux méthodes sur le plan de l'efficacité, par un aperçu succinct de leur aspect économique en recherchant comment déterminer un prix « plafond » au-delà duquel l'utilisation des *Aphytis* n'est plus compétitive avec celle du produit chimique le plus courant.

Cet essai dû à EUVERTE et MERLE, rapporté antérieurement (BÉNASSY, 1969), consistait à comparer en décembre 1967 lors de la récolte des Navel le revenu brut des parcelles des vergers 1 et 2 traitées au moyen des *Aphytis*, avec celui des surfaces normalement fumigées chaque année de ces mêmes vergers. Vis-à-vis d'un bâchage dont le prix de revient atteignait aux 100 kg de fruits : 2,42 DH [1] et 2 DH, dans les vergers 1 et 2 respectivement, le seuil, calculé sur les mêmes bases, à ne pas dépasser pour les *Aphytis* était de l'ordre de 1,95 DH dans le premier cas et de 1,69 DH dans le second.

Mais le prix de revient des parasites produits à Rabat et utilisés à Ksiri est difficilement chiffrable avec exactitude. La grande distance séparant, en effet, le lieu de production des vergers de lâchers, introduit un poste « déplacements » important qui ne devrait pas exister normalement si l'unité de production se trouvait en pleine zone d'utilisation.

Or, à l'exclusion de toute autre considération, l'extension ultérieure de la lutte biologique contre *A. aurantii* au moyen des *Aphytis*, est subordonnée aujourd'hui au Maroc à la réalisation d'une étude économique précise appelée à déterminer le prix de revient de ce mode de traitement.

Cette préoccupation quittant le cadre strict de la Recherche pour celui du développement est à la base de la création à Ksiri par une association professionnelle, celle des Producteurs d'Agrumes du Maroc (A. S. P. A. M.), d'une unité pilote de production semi-industrielle d'*Aphytis* destinée à la protection annuelle de 300 ha de vergers en pleine production.

Cette production reste néanmoins spécifique. Elle n'exclut donc pas la réapparition localement de divers ravageurs et de leurs ennemis naturels normalement détruits par les traitements polyvalents appliqués antérieurement. C'est le cas notamment chez les Coccides. Dans les parcelles traitées par les *Aphytis*, en effet, *Coccus hesperidum* L. se manifeste çà et là toujours accompagné d'un parasitisme suffisant pour éviter toute pullulation.

Tel n'est pas le cas avec *Parlatoria pergandei* COMST. dans le Gharb et *L. beckii* NEWM. sur la bordure littorale, qui en l'absence de tout ennemi naturel indigène ont tendance à se multiplier tous deux pour constituer des foyers dispersés.

[1] 1 dirham (DH) = 0,975 F.

L'existence de ceux-ci, comme la présence d'autres ravageurs nécessitent aujourd'hui une intervention chimique immédiate qui, tenant compte de l'évolution de chaque ravageur, se devrait d'être des plus réduites et localisée à la fois dans l'espace et le temps.

Cette conception, qui associe la lutte biologique et la lutte chimique, a déjà prouvé par ailleurs son efficacité, en Afrique du Sud notamment (BEDFORD, 1968). Elle constitue le prélude à l'utilisation rationnelle en vergers de prédateurs et de parasites en nombre toujours plus important.

C'est dans ce but que des études d'écologie quantitative ont été entreprises en France sur *Citrus* dans le cas de divers Homoptères pour préciser l'importance numérique des populations de ravageurs présents sur un arbre ou dans un verger. Les résultats attendus de ces observations sont appelés à jouer un rôle primordial dans l'extension de la lutte biologique dans les vergers d'Agrumes, au Maroc d'abord, le jour où, par suite de l'expérience acquise dans le domaine de la multiplication des *Aphytis*, la production de l'Insectarium de Ksiri pourra se diversifier, et dans le bassin méditerranéen ensuite, quand la Station de Quarantaine du Centre de Recherches d'Antibes fournira des souches d'entomophages variés, de provenances diverses, aux différents pays agrumicoles intéressés.

Reçu pour publication en avril 1970.

SUMMARY

NOTE ON THE ACTION OF TWO SPECIES OF *APHYTIS* AS BIOLOGICAL CONTROL AGENTS OF TWO *CITRUS* COCCIDS (*AONIDIELLA AURANTII* MASK. AND *CHRYSOMPHALUS DICTYOSPERMI* MORG.) IN MOROCCO

Some liberations of *Aphytis*, as a practical mean of biological control, have been realized since 1966 on five plots (from one to three ha each) of infested orchards of the Gharb : three of them were specially contaminated by *C. dictyospermi* and two by *A. aurantii*.

Owing to the irregular production of the insectarium, the treated areas had to be modified every year to keep about one million of parasites by ha, the used number of *Aphytis*.

Their efficiency was estimated by counting for the whole of the production of every plot-gathering altogether 10 to 20 tons of fruits — the percentage, or « differences in the sorting », of unexportable fruits on account of the presence of Coccids.

Against *C. dictyospermi*, *Aphytis* efficiency is total ; it is inverse ratio to the density of the populations of Coccids. It is also constant, because *C. dictyospermi* has gone out of orchards from the first year following the introduction.

Until to-day *Aphytis* efficiency against *A. aurantii* remains incomplete. It depends more on the regularity of liberations than on the number of parasites used for these biological treatments.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BEDFORD E. C. G., 1968. Biological and chemical Control of *Citrus* pests in the Western Transvaal : an integrated spray programme. *S. Afr. Citrus J.*, **417**, 14 pp.

BENASSY C., 1969. The Biological Control against Coccids of *Citrus* in the country of the french zone. *Proc. I^st Int. Citrus Symp.*, **2**, 793-799.

BÉNASSY C., EUVERTE G., 1966. (1968.) Premières applications de la lutte biologique contre *Aonidiella aurantii* au Maroc. *Al Awamia.*, **21**, 19-26.

BÉNASSY C., EUVERTE G., 1967. Perspectives nouvelles dans la lutte contre *Aonidiella aurantii* au Maroc (Hom. Diaspididæ). *Entomophaga, 12*, 449-459.

BÉNASSY C., EUVERTE G., 1969. Essai d'utilisation pratique de la lutte biologique contre le Pou de Californie (*Aonidiella aurantii*) au Maroc. *Al Awania*, **28**, 1-60.

COHEN I., NADEL D., 1962. The Biological Control Institute of *Citrus* pests at Rehovot. *Agrotech. Div., Citrus Board of Israel.*

COHEN I., KAMBUROV S., 1968. Biological Control Institute. *Agrotech. Div. Citrus Board of Israel*, 43 pp.

DE BACH P., ARGYRIOU L. C., 1967. The colonization and success in Greece of some imported *Aphytis* spp. (Hym. Aphelinidae) parasitic on *Citrus* scale insects (Hom. Diaspididae.). *Entomophaga*, **12**, 325-342.

DE BACH P., WHITE E., 1960. Commercial mass culture of the California Red scale parasite, *Aphytis lingnanensis*. *California Agr. Expt. Sta. Bull.*, **770**, 58 p.

DELUCCHI V. L., 1965. Notes sur le Pou de Californie (*Aonidiella aurantii* MASKELL) au Maroc (Hom. Coccoidea). *Ann. Soc. Ent. Fr.* (N. S.), I, 739-788.

EUVERTE G., 1967. L'Insectarium de Lutte Biologique. Production massive d'*Aphytis* parasites de Cochenilles. *Al Awania*, **23**, 59-100.

INSERRA S., 1966. Introduzione ed acclimatazione di due *Aphytis* (*A. melinus* DE BACH ed *A. lingnanensis* COMPERE) parasiti ectofagi di alcune cocciniglie degli agrumi. *Tecnica Agricola*, **18**, 1-11.

WOOD B. J., 1963. Imported and indigenous natural enemies of *Citrus* coccids and Aphids in Cyprus, and an assessment of their potential value in integrated control programmes. *Entomophaga*, **8**, 67-82.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 373-379.

GALLERIA MELLONELLA L., HÔTE DE REMPLACEMENT POUR *PHRYXE CAUDATA* ROND. (DIPT. *LARVAEVORIDAE*) PARASITE DE *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* SCHIFF.

B. DELOBEL
avec la collaboration technique de Josette GUILLAUD

Laboratoire de Biologie,
Institut national des Sciences appliquées, 69 - Villeurbanne
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

L'élevage permanent de la Tachinaire *Phryxe caudata* parasite habituel de *Thaumetopoea pityocampa* a été réalisé sur *Galleria mellonella*. La vitesse de développement, la taille des adultes et leur fécondité ont été étudiées en fonction de la température, et l'élevage de l'hôte et du parasite a été réglé de façon à obtenir le meilleur rendement possible. Les Tachinaires obtenues après 10 générations d'élevage permanent sur *G. mellonella* diffèrent morphologiquement peu des mouches sauvages. Elles sont capables de parasiter leur hôte d'origine et de s'y développer normalement. *P. caudata* peut donc constituer un insecte de laboratoire intéressant pour des travaux biochimiques et physiologiques.

I. — INTRODUCTION

L'étude des besoins nutritionnels d'un entomophage et des relations hôte-parasite au point de vue enzymologique et biochimique impose le choix d'une espèce de taille appréciable, dont la biologie soit bien connue.

Phryxe caudata ROND., longuement étudiée sur le terrain (BILIOTTI, 1955, 1956) et au laboratoire (DELOBEL et LAVIOLETTE, 1969), semble, par sa taille et sa biologie, un sujet d'expérimentation particulièrement intéressant. Mais *P. caudata* est un parasite spécifique de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. et l'élevage de cette chenille, encore à l'étude, présente de nombreuses difficultés. Il ne permet en outre que deux générations au plus de *P. caudata* par an.

Or, BILIOTTI et coll. (1968) ont montré que sur *Galleria mellonella* L. on peut obtenir la ponte, le développement larvaire et l'émergence de *P. caudata*. Les animaux

obtenus sont cependant de petite taille et leur fécondité n'a pas été étudiée en détail. Il semblait donc intéressant de tenter de réaliser un élevage permanent.

Cet élevage a été entrepris, mis au point et est à ce jour maintenu sur *G. mellonella* depuis dix générations (DELOBEL et LAVIOLETTE, 1969). Au cours de l'établissement de cet élevage nous avons pu étudier quelques particularités biologiques. Nous présentons ici une étude comparée de la biologie de *P. caudata* sur *G. mellonella* et sur *T. pityocampa*. Cette étude ne vise cependant qu'à préciser les points indispensables aux études biochimiques en cours.

II. — TECHNIQUE D'ÉLEVAGE

Les *G. mellonella* adultes sont élevées en masse en bocaux avec cire et pollen dans des étuves à 27,5° et 70 p. 100 HR et les chenilles sont prélevées au moment de leur utilisation.

Les *P. caudata* adultes sont élevées par lots de cent dans des cages cubiques grillagées (50 × 50 × 50 cm) maintenues dans une ambiance à 65 p. 100 HR et à 25°C et soumises à un éclairage fluorescent intense pendant onze heures par jour. L'alimentation est constituée de saccharose commercial et de gouttes solidifiées d'un mélange miel, agar, nipagine et eau. L'eau est présentée sur des cotons hydrophiles.

Six jours après l'émergence, un lot de 80 chenilles de *G. mellonella* au début du cinquième stade larvaire est introduit dans la cage. Il y séjourne six à huit heures, puis est remplacé par un lot identique le lendemain, ainsi que les jours suivants. Les chenilles qui ont été mises en présence du parasite sont transférées dans un bocal contenant cire et pollen. Elles séjournent alors dans des étuves à 21,5° et 70 p. 100 HR où elles se transforment en chrysalides. Seize jours plus tard, les bocaux sont examinés pour prélever les premières pupes formées. Cet examen journalier se poursuit jusqu'au vingt-sixième jour. Les pupes récoltées sont placées au fur et à mesure dans une cage à 25°C. Les mouches vont émerger et s'accoupler aussitôt après.

L'élevage, tel qu'il est maintenant conduit, résulte d'un certain nombre d'essais qui ont, en outre, permis de mettre en évidence quelques particularités biologiques du parasite.

III. — INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

1. *Température et vitesse de développement*

Après avoir séjourné dans la cage en présence du parasite, les chenilles sont placées dans des bocaux par lots de quatre-vingts avec cire de pollen. Les bocaux ont été gardés à 21,5°, 23,5° et 27,5°. Les larves de *P. caudata* abandonnent leur hôte au moment où il périt ; elles sont alors capables de se déplacer rapidement, puis dans les heures qui suivent, elles se nymphosent. Le ramassage et le comptage des pupes permettent de déterminer à moins de un jour près la durée de la vie larvaire dans son ensemble.

La durée de développement larvaire (fig. 1) est, entre 21,5° et 27,5°, très peu sensible à la température. Par contre, la vitesse de développement nymphal, mesurée entre le moment de formation de la pupe et l'émergence (fig. 1) montre un net ralentissement à 21,5°.

Comme le montre la figure 1, les exigences thermiques de la larve sont moins strictes que celles de la pupe ; en particulier, entre 19° et 24°, la vitesse de développe-

ment de la larve reste voisine de l'optimum quand celle de la nymphe décroît rapidement.

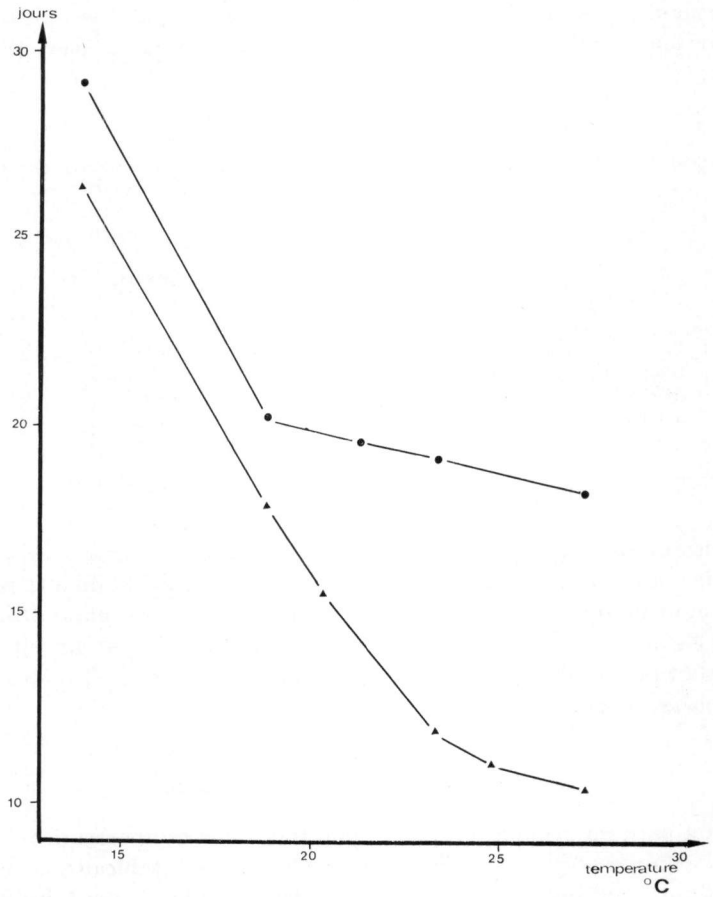


FIG. 1. — *Durée de développement larvaire* (● ——— ●) *et nymphal* (▲ ——— ▲) *de* Phryxe caudata *en fonction de la température*

2. *Température et « rendement en parasites »*

Le « rendement en parasites » est le rapport entre le nombre des *P. caudata* obtenues et celui des *G. mellonella* introduites dans la cage de ponte. Ce rendement a été déterminé sur plus de mille chenilles dans chaque lot, pour des échantillons parasités par des adultes tout au long de leur période de ponte (de six à quinze jours après l'émergence).

La température d'élevage larvaire des parents conditionne le « rendement » en parasites quelle que soit par ailleurs la température d'élevage des descendants. Le tableau I montre cette influence.

La température de 27°5 est donc peu favorable au développement sur *G. mellonella,* ce qui semble être dû à la rapidité de la croissance de l'hôte qui passe au stade

adulte avant que *P. caudata* ait atteint le troisième stade. Un faible pourcentage parvient à terminer son évolution mais l'efficacité parasitaire est pratiquement nulle.

La température de 21,5° donne des résultats analogues à celle de 23,5° mais permet d'obtenir des parasites plus efficaces (rendement en parasites plus élevé). Ces résultats nous ont conduit à choisir la température de 21,5° pour l'élevage des *P. caudata*.

TABLEAU I

Rendement en parasites en fonction de la température d'élevage larvaire des parents et de la température d'élevage larvaire des descendants

		Température d'élevage des descendants		
		21,5°	23,5°	27,5°
Température d'élevage des parents	21,5°	72 %	41 %	16 %
	23,5°	69 %	54 %	5 %
	27,5°	1 %	1 %	1 %

Quelques essais ont montré qu'on pouvait cependant obtenir à 27,5° un rendement supérieur à 1 p. 100 si on fait parasiter des chenilles au début du quatrième stade. On obtient alors un rendement de 60 p. 100 mais ces individus sont stériles.

Pour l'élevage des pupes, la température choisie est de 25° car elle donne un développement plus rapide qu'à 21°5 et ne fait pas apparaître d'individus anormaux (ailes déformées, morts en cours d'émergence).

3. *Température et taille du parasite*

Il nous a paru intéressant d'étudier l'influence de la température de développement sur la taille des adultes obtenus. Ainsi que le montre le tableau 2, à la quatrième génération sur *G. mellonella*, on obtenait pour des individus élevés à diverses températures des différences significatives (à 5 p. 100 près) pour la longueur du thorax mesurée en mm sur la face dorsale.

Les individus de petite taille obtenus à 27,5° sont stériles, mais il est à noter que des individus d'aussi petite taille obtenus à 21,5° par superparasitisme sont féconds.

TABLEAU 2

Largeur du thorax exprimée en mm des P. caudata *mâles et femelles élevés à différentes températures*

	♂	♀
21,5°	3,20 ± 0,2	3,25 ± 0,2
23,5°	3,12 ± 0,2	3,18 ± 0,2
27,5°	2,87 ± 0,2	2,93 ± 0,2

IV. — INFLUENCE DU NOMBRE DE PARASITES PAR HÔTE

Le rendement en parasites peut être augmenté en diminuant le rapport nombre d'hôtes sur nombre de parasites en présence dans la cage de ponte. On peut obtenir avec des mouches en pleine activité (huitième jour après l'émergence) jusqu'à 140 p. 100 de rendement en parasites. Les individus issus de ces chenilles superparasitées sont de petite taille ; leur développement est plus rapide.

Un élevage individuel, incapable de reproduire exactement, pour *G. mellonella*, les conditions de l'élevage de masse, a permis de montrer les limites extrêmes du superparasitisme.

Sur 63 chenilles,

1 est morte sans contenir de parasites
5 n'étaient pas parasitées
14 contenaient 1 parasite
34 en contenaient 2
8 en contenaient 3
1 en contenait 5

Ce rendement en parasite, anormalement élevé (175 p. 100), est dû aux changements de condition de l'élevage individuel (changements de comportement alimentaire, de température, de mobilité).

La taille des mouches issues de chenilles superparasitées est réduite, de même que la durée de développement qui peut alors atteindre 13 jours au lieu de 20.

V. — ÉVOLUTION DE LA TAILLE DU PARASITE AU COURS DES GÉNÉRATIONS SUCCESSIVES ET COMPARAISON AVEC LES « P. CAUDATA » SAUVAGES

Après dix générations successives sur *G. mellonella*, les *P. caudata* obtenues présentent un certain nombre de caractéristiques qui les différencient des *P. caudata* sauvages.

1. *La taille*

La mesure du thorax (en mm) permet de suivre, à la température de 21,5°, l'évolution au cours des générations (voir tabl. 3). Depuis, la taille des adultes est demeurée très constante et elle est proche de celle des *P. caudata* nées de chrysalides de *T. pityocampa* ($3{,}50 \pm 0{,}3$).

On a donc observé au cours des générations un net accroissement de taille qui a amené *P. caudata* sur *G. mellonella* à une taille comparable à celle obtenue sur *T. pityocampa* (il faut tenir compte du fait que la chrysalide de *T. pityocampa* est quatre fois plus lourde que celle de *G. mellonella*).

Après dix générations sur *G. mellonella*, les *P. caudata* ont été mises en présence de chenilles de *T. pityocampa* prêtes à l'enfouissement. Les femelles de *P. caudata* manifestent alors une intense activité de ponte. En outre les oviscaptes restent dévaginés en permanence, ce qui n'est pas le cas chez les mouches pondant sur *G. mellonella*. Les mouches qui se sont développées dans les chrysalides de *T. pityocampa* ont une longueur de thorax de 3,39 ± 0,3 mm, donc légèrement supérieure à la moyenne observée dans la nature.

TABLEAU 3

Évolution de la longueur du thorax (exprimée en mm) *chez les mâles et les femelles de* P. caudata *au cours des trois premières générations sur* G. mellonella

	♂	♀
1re génération	2,75 ± 0,3	2,85 ± 0,3
2e génération	3,15 ± 0,2	3,20 ± 0,3
3e génération	3,20 ± 0,2	3,25 ± 0,2

2. *La durée de développement*

La durée de développement larvaire étant de 19,6 jours, le développement nymphal de 11,1 jours, et la ponte commençant au sixième jour à 25°, le cycle dure environ 37 jours alors que dans la nature il est de deux mois et demi.

Mais les *P. caudata* nées de *T. pityocampa* de parents élevés sur *G. mellonella* ont eu un développement d'une durée normale (deux mois et demi) et leur émergence a coïncidé avec l'émergence des *P. caudata* dans la nature.

La longévité moyenne de l'adulte est de 14,6 jours alors que dans la nature elle est de plus d'un mois (deux) mais les conditions thermiques d'élevage à 25° ne correspondent pas aux conditions naturelles où la température nocturne est bien inférieure.

VI. — CONCLUSION

La souche *P. caudata* obtenue sur *G. mellonella* ne diffère pas sensiblement par ses caractéristiques morphologiques de *P. caudata* sauvage. La durée de développement raccourcie ne semble pas avoir modifié sa physiologie puisqu'elle redevient d'emblée normale sur *T. pityocampa* après dix générations sur *G. mellonella*.

Les caractéristiques biologiques étudiées permettent donc d'envisager sur un matériel facile à élever (production de 100 à 200 pupes par jour pour trois cages) la poursuite de travaux biochimiques et physiologiques.

Reçu pour publication en mars 1970.

SUMMARY

GALLERIA MELLONELLA L. AS A LABORATORY HOST TO *PHRYXE CAUDATA* ROND. (DIPT. *LARVAEVORIDAE*), PARASITE OF *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* SCHIFF.

The tachinid *Phryxe caudata* which is an endoparasite on the lepidoptera *Thaumetopoea pityocampa* has been reared on *Galleria mellonella* for more than ten generations.

The conditions of rearing are exposed, as well as the influence of temperature on the rate of development, the size of adults and their fecundity.

After 10 generations on the laboratory host, the flies are able to return to the normal host.

It is noted that up to nine generations may be reared every year and that *Phryxe caudata* may be a good material for biochemical studies.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BILIOTTI E., 1955. Vie endoparasitaire et diapause chez *Phryxe caudata* BB. *C. R. Acad. Sci.*, **240**, 915-916.

BILIOTTI E., 1956. Biologie de *Phryxe caudata* RONDANI (Dipt. *Larvaevoridae*) parasite de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF.). *Rev. pathol. vég. Entomol. agric.*, **35**, 50-65.

BILIOTTI E., DAUMAL J., HAM R., 1968. Le parasitisme de *Galleria mellonella* L. par *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER et *Phryxe caudata* ROND. *XIII*e *Congr. Intern. Entomol.*, Moscou, sous presse.

DELOBEL B., LAVIOLETTE P., 1969. Élevage de *Phryxe caudata* ROND. (*Larvaevoridae*) parasite de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. sur un hôte de remplacement, *Galleria mellonella*. *C. R. Acad. Sci.*, **268**, 2436-2438.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 381-390

BIOÉCOLOGIE D'*AGLAOSTIGMA AUCUPARIAE* (KLUG) (HYM. *TENTHREDINIDAE*)

H. CHEVIN

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Des observations sur la biologie d'une Tenthrède, *Aglaostigma aucupariae* KL., qui se développe sur *Galium* (Rubiacées) montrent quelques aspects particuliers du comportement de l'insecte. L'étude de l'action des facteurs physiques, notamment la température, sur les diverses étapes du développement au laboratoire, permet d'interpréter le cycle évolutif dans les conditions naturelles.

Aglaostigma (= *Rhogogaster*) *aucupariae* (KLUG) appartient à la sous-famille des *Tenthredininae*, tribu des *Tenthredopsini*. L'adulte mesure 7 à 9 mm de long. Il est noir avec une bande rougeâtre sur les tergites III à VI.

Les imagos apparaissent de mars à mai et les femelles insèrent leurs œufs dans les tiges de *Galium*, plus particulièrement de *G. mollugo* L. A l'éclosion, les larves se portent sur le feuillage, s'alimentent pendant trois à quatre semaines, s'enfouissent dans le sol courant juin et confectionnent un cocon dans lequel elles restent en diapause jusqu'au printemps suivant. Cette espèce ne présente donc qu'une seule génération par an.

A. — TECHNIQUES D'ÉLEVAGE

Dès leur sortie de terre, les adultes sont élevés par couples séparés dans des cagettes grillagées placées sur des pots à fleurs plantés de *Galium mollugo* L. Leur nourriture consiste en pollen présenté dans de petites coupelles installées à la hauteur du feuillage. Après deux ou trois jours, les insectes sont éliminés ou transférés sur un autre pot. Les plantes ayant reçu des pontes sont placées à 20°C (± 1°C) sous un éclairage artificiel permanent. Peu après l'éclosion, les jeunes larves sont recueillies et élevées dans des boîtes en plastique ; le feuillage est renouvelé tous

les deux ou trois jours. Lorsqu'elles ont effectué leur dernière mue, les larves sont transférées dans des bocaux emplis de terre. Après leur enfouissement, on entrepose les bocaux en plein air sous abri jusqu'au moment des sorties imaginales.

B. — CYCLE ÉVOLUTIF

Nous examinerons successivement chacune des principales étapes de la biologie de cette Tenthrède.

Diapause larvaire et nymphose

Comme la plupart des Tenthrèdes, cette espèce hiverne à l'état larvaire, enfermée dans un cocon. La larve présente une diapause qui est éliminée progressivement en automne sans que des gelées soient indispensables à la réactivation. Cependant, les températures basses favorisent cette élimination puisque des larves maintenues à 5 ou 10°C à partir de mi-octobre se nymphosent courant janvier tandis que des températures supérieures à 12°C ou inférieures à 0°C retardent l'évolution des larves.

Afin de mettre en évidence le rôle du facteur thermique sur la nymphose, nous avons réalisé une série d'essais en utilisant des larves extraites de leur cocon. Les résultats enregistrés permettent de dégager les points suivants (fig. 1).

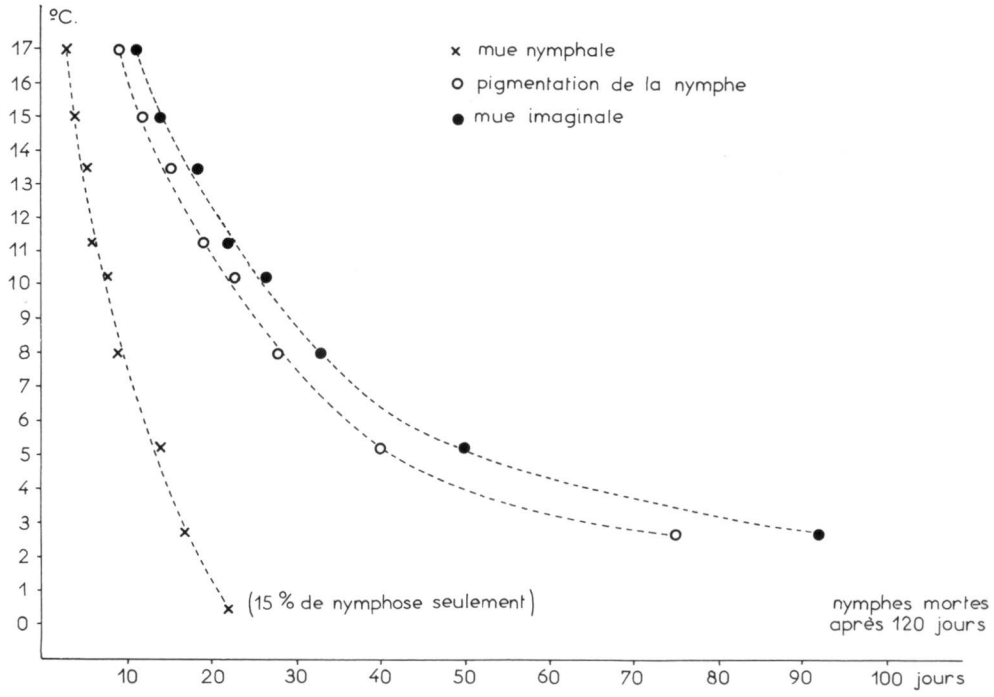


FIG. 1. — *Durée de la nymphose en fonction de la température*

— Lorsque la diapause larvaire est éliminée, la mue nymphale a lieu plus ou moins tôt selon la température. Si 91 p. 100 des larves se transforment en nymphes au-dessus de 3°C (1), cette proportion n'est plus que de 15 p. 100 à 0,5°C et devient nulle aux températures inférieures. Les quelques nymphes formées à 0,5°C n'évoluent pas et meurent après un très long séjour à cette température. Toutefois, les nymphes comme les larves peuvent subir sans dommage des expositions temporaires à — 2°C.

— Le seuil de développement nymphal est donc légèrement supérieur à 0,5°C, son seuil létal et celui de la larve sont inférieurs à — 2°C.

— Entre 3 et 13°C, la nymphose nécessite 180 « degrés-jours » (2) ; à 15 et 17°C, le phénomène est plus rapide puisque 140 « degrés-jours » suffisent. Nous avons constaté un seul cas de nymphose anormalement longue : 27 jours à 10°C au lieu de 20 à 21 jours pour les autres nymphes. Il n'y a pas de différence notable dans la durée de nymphose des mâles et des femelles.

— Enfin, si la somme de 180 « degrés-jours » nécessaire au développement nymphal est constante quelle que soit l'époque, la somme correspondant à la période prénymphale varie selon la date où les larves sont prélevées dans la nature. Par exemple, nous avons obtenu la mue nymphale après des délais de 290, 135 et 65 « degrés-jours » pour des prélèvements exécutés respectivement les 2 décembre, 29 décembre 1967 et 20 janvier 1968. Il existe donc une évolution lente de la larve au cours de l'hiver, sous réserve de températures basses antérieures. On notera que la différence de 225 « degrés-jours », enregistrée au laboratoire entre les prélèvements du 2 décembre et du 20 janvier, est proche de la somme de 215 « degrés-jours » obtenue en totalisant les moyennes thermiques journalières, supérieures à 0,5°C relevées sous abri entre ces deux dates.

Émergence et activité printanières

La sortie de terre de l'adulte ne suit pas immédiatement la mue imaginale. Entre 12 et 15°C il s'écoule un ou deux jours entre les deux phénomènes ; en dessous de 12°C, l'insecte reste dans son cocon. Néanmoins, si on maintient à 8 ou 9°C des imagos prêts à éclore, les sorties ont quand même lieu, mais après deux ou trois semaines.

L'action prolongée de températures basses, par exemple une exposition de 10 jours à — 2°C, est sans action néfaste sur l'adulte enfermé dans son cocon ; placé à 15°C, l'insecte sort de terre au cours des 24 heures suivantes.

La figure 2, représentant les sorties naturelles d'imagos au cours des six dernières années, permet de formuler les remarques suivantes :

— il faut que la température dépasse 12°C pour que l'on enregistre des sorties d'adultes. Celles-ci sont peu importantes et échelonnées lorsque la température maximale oscille entre 10 et 15°C (printemps 1966 et 1967), massives et groupées si la

(1) Quelle que soit la température, environ 6 p. 100 des larves restent en diapause ; dans les conditions naturelles, elles subiraient un deuxième hiver avant de se transformer. Il est intéressant de noter que ces quelques larves sont de sexe mâle.

(2) Rappelons la formule $K = y\,(t - a)$ dans laquelle y représente le nombre de jours, t la température et a le seuil de développement ; K est une constante exprimée en « degrés-jours ».

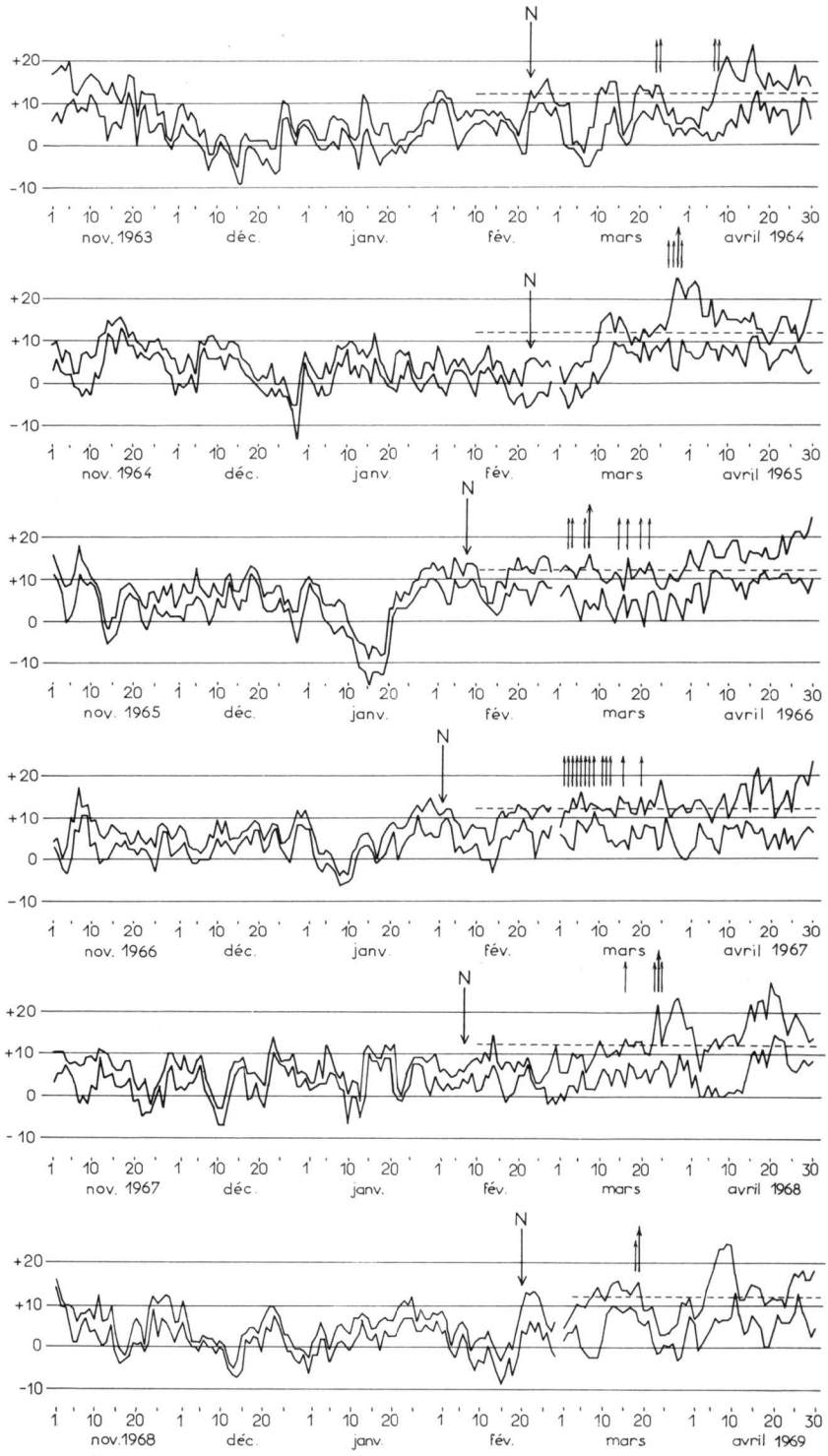


FIG. 2. — *Températures minimales et maximales quotidiennes sous abri, nymphose théorique des larves et sorties imaginales au cours des six dernières années*
(les flèches indiquent les émergences d'adultes, une flèche plus forte correspond à une sortie importante)

température s'élève brusquement (printemps 1965 et 1968). Une période de froid intervenant au moment des sorties interrompt celles-ci (printemps 1964 et 1966) ;

— la date de nymphose théorique portée sur la figure a été obtenue en totalisant jusqu'à concurrence de 180 « degrés-jours », les moyennes thermiques journalières supérieures à 0,5°C enregistrées au cours des semaines qui précèdent les premières sorties. Les données de 1968 montrent la précision entre les dates réelles de nymphose (du 1er au 10 février) et la date théorique (8 février) ;

— si l'on considère la date de nymphose, les six dernières années peuvent être classées en deux catégories : les années à nymphose précoce (entre le 2 et le 10 février) et celles à nymphose tardive (du 20 au 23 février). La première catégorie est définie par des températures basses en novembre et décembre tandis que la seconde est caractérisée par des températures plus douces en novembre mais très basses en décembre (fig. 3). Il semble que, dans le premier cas, les températures basses de novem-

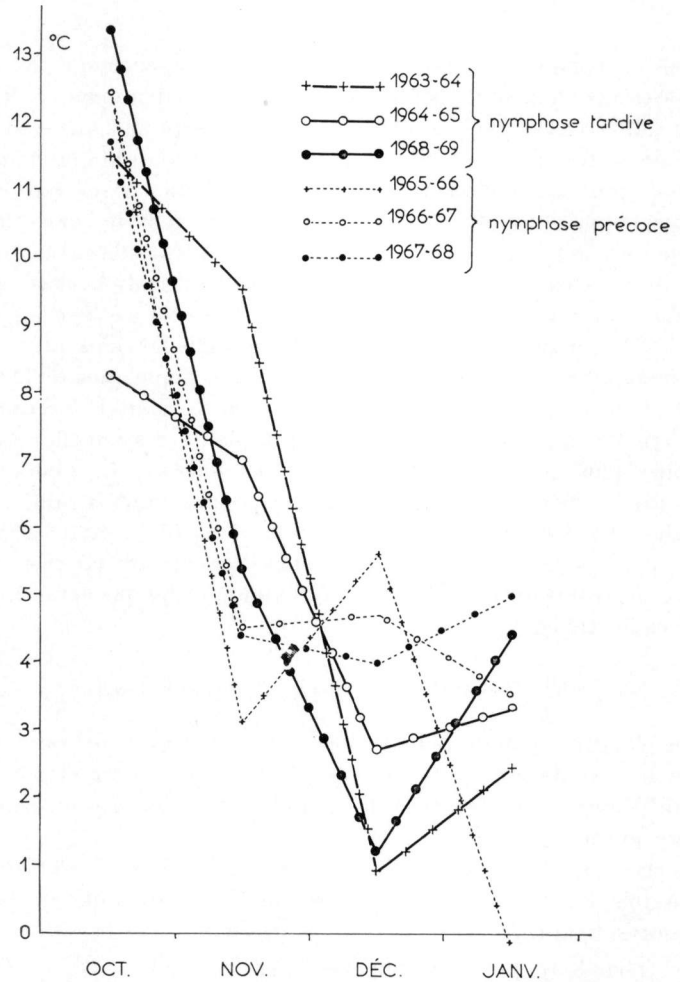


FIG. 3. — *Moyennes thermiques mensuelles hivernales des six dernières années*

bre et décembre ont contribué à l'évolution lente et régulière des larves mais que, dans le second, les froids de décembre ont ralenti ou stoppé cette évolution, d'où une nymphose plus tardive.

Bien que les adultes puissent sortir de terre lorsque la température sous abri est supérieure à 12°C, il faut cependant qu'elle atteigne 15 à 17°C pour qu'ils deviennent visibles et actifs dans les conditions naturelles. Selon les années, les premières observations sont faites entre le 15 mars et le 15 avril, les dernières de fin avril à mi-mai. Les insectes cessent toute activité au cours des journées froides ou pluvieuses. Même en tenant compte de l'échelonnement des sorties, la longévité semble plus longue dans la nature qu'au laboratoire où elle excède rarement une dizaine de jours.

L'accouplement est très bref, il peut avoir lieu dès l'émergence et même dans une enceinte très réduite. L'imago d'*A. aucupariae* s'alimente en absorbant les gouttelettes d'eau se trouvant sur le feuillage et le pollen des fleurs.

Ponte

La femelle est capable de déposer des œufs dès l'émergence, qu'elle ait été fécondée ou non. Le comportement de ponte a été analysé précédemment (J. R. Le Berre, H. Chevin et Ch. Boulay, 1968) et nous n'en donnerons qu'un court résumé.

A l'aide de sa tarière la femelle pratique une incision oblique dans une jeune tige de *Galium* ; puis, descendant progressivement, elle insère ses œufs, les uns sous les autres, dans le parenchyme médullaire. Selon la longueur de l'entre-nœud utilisé, la ponte varie de 1 à 7 œufs, le plus souvent 2 à 5. L'entaille initiale provoque le flétrissement de l'extrêmité de la tige et entrave sa lignification ultérieure.

Nous avons obtenu la ponte de cet insecte sur *Galium mollugo* L., *G. verum* L. et *G. cruciata* Scop., mais si la femelle accepte volontiers les deux premières espèces elle effectue de nombreuses tentatives avant de déposer quelques œufs dans la dernière. Nous n'avons pas expérimenté avec *G. aparine* L. mais J. Lacourt (*in litt.*) a observé une femelle en posture de ponte sur cette plante. La femelle refuse d'autres végétaux à tiges quadrangulaires tels que *Glechoma hederacea* L., *Lamium album* L., *Veronica agrestis* L., même si on lui présente des pousses dont la taille et la texture rappellent celles des *Galium*. Cependant, lorsque l'entaille initiale a été faite sur *Galium mollugo* et que l'on déplace délicatement la femelle sur une tige de *Glechoma*, on obtient la posture de ponte mais la femelle abandonne dès que la tarière commence à pénétrer dans les tissus.

Fécondité, proportion des sexes et parthénogenèse

Dans nos élevages, chaque femelle dépose 30 à 60 œufs au cours des trois ou quatre premiers jours de son existence puis elle cesse de pondre et meurt quelques jours plus tard. Environ les deux tiers de la ponte totale peuvent être émis au cours de la première journée.

La proportion des mâles et des femelles issus de femelles fécondées est très variable. Toutefois, il est curieux de constater que les résultats obtenus se ramènent à quatre catégories bien tranchées :

plus de 90 p. 100 de femelles (3 cas)
75 p. 100 de femelles et 25 p. 100 de mâles (1 cas)

50 p. 100 de chaque sexe (2 cas)
25 p. 100 de femelles et 75 p. 100 de mâles (1 cas)

La descendance des femelles vierges ne comprend généralement que des mâles. Cependant, une femelle non fécondée a produit 24 p. 100 de femelles (1). Mise à part cette dernière qui a donné 50 individus, la descendance des femelles vierges est plus faible que celle des femelles fécondées : en moyenne 23 individus contre 36. Cela doit être le fait d'une mortalité plus élevée au cours du développement embryonnaire ou des premiers stades larvaires car nous avons constaté que les femelles vierges avaient une fécondité normale. DONCASTER (1906) a signalé également une descendance réduite des femelles vierges de *Nematus ribesii* SCOP. et pense qu'elle est due à une moins grande viabilité des larves mâles.

Il semble donc exister, chez *A. aucupariae*, deux types de femelles, les unes à parthénogenèse arrhénotoque, les autres à parthénogenèse deutérotoque. Il serait intéressant de savoir si ce caractère est héréditaire et comment s'effectue la régulation chromosomique. L'existence de deux types de femelles pourrait peut-être alors expliquer la curieuse répartition des sexes dans la descendance des femelles fécondées.

Durée d'incubation des œufs

Dans les conditions naturelles, les œufs éclosent après une vingtaine de jours d'incubation. Afin d'étudier le développement embryonnaire, les œufs sont extraits des tiges de *Galium* dès leur émission et déposés sur du papier-filtre humidifié avec du liquide physiologique de Ringer. Dans ces conditions artificielles, la mortalité est généralement élevée, particulièrement aux températures extrêmes.

Comme la plupart des œufs de Tenthrèdes, celui d'*A. aucupariae* se gonfle au début de l'embryogenèse. Cette augmentation de volume est d'autant plus rapide que la température est plus élevée (fig. 4). La fin de la croissance de l'œuf coïncide avec le début de la pigmentation des yeux de l'embryon. La durée d'incubation passe de 7 jours à 25°C à 14 jours à 15°C. A 11°C, les œufs grossissent progressivement jusqu'au 22e jour puis meurent, de même que ceux incubés à 8° ou 5°C. Chez ceux-ci on ne constate pas d'augmentation de volume même après 50 jours d'incubation. Le développement embryonnaire incomplet à 11°C et en dessous doit être dû aux conditions artificielles de l'incubation, le seuil thermique inférieur devant se situer aux environs de 5°C.

Développement larvaire

A l'éclosion, la jeune larve perfore la tige et commence à s'alimenter, généralement aux dépens des feuilles terminales. La larve, décrite par STEIN (1929), est gris bleuâtre avec le ventre plus clair ; sa tête est brun noir tandis qu'elle est jaune chez l'espèce voisine *A. fulvipes* (SCOP.) (LORENZ et KRAUS, 1957). Au repos, elle se tient à la face inférieure des feuilles, enroulée sur elle-même, la tête vers l'extérieur.

La durée du développement larvaire est de deux semaines environ à 20°C (± 1°C) ; la larve passe par six stades successifs, quel que soit le sexe. Les cinq premiers stades durent respectivement 2, 2, 2, 3, 4 à 6 jours, au cours desquels la larve s'alimente. Après sa cinquième et dernière mue la larve devient entièrement vert clair ; seuls les

(1) Deux autres femelles vierges ont donné un petit nombre de mâles et de femelles.

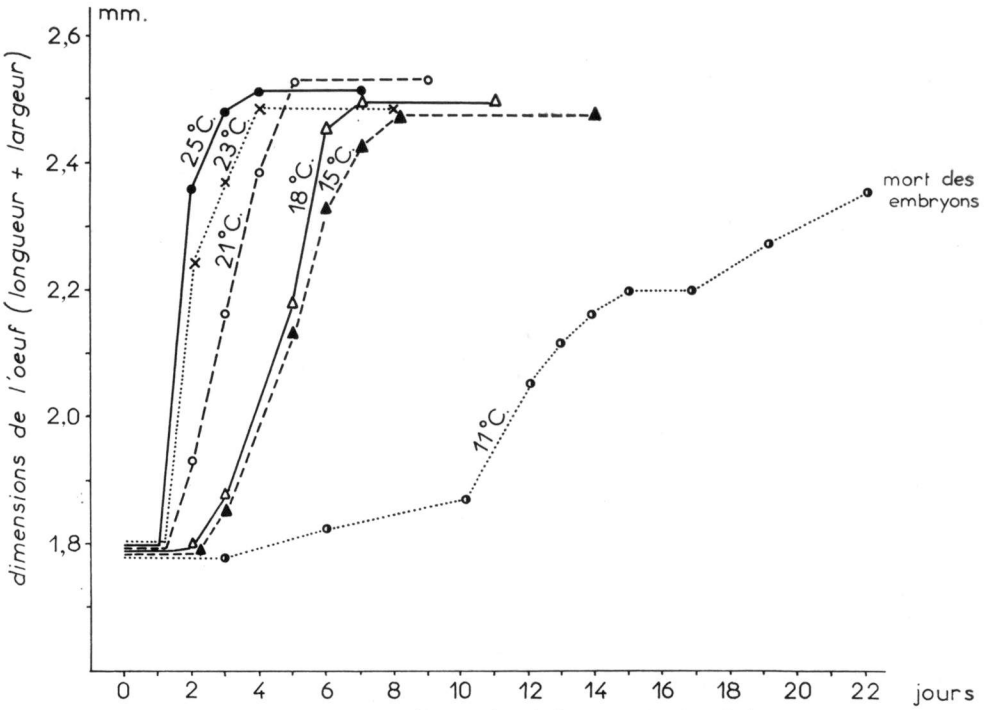


FIG. 4. — *Croissance et durée d'incubation de l'œuf en fonction de la température*

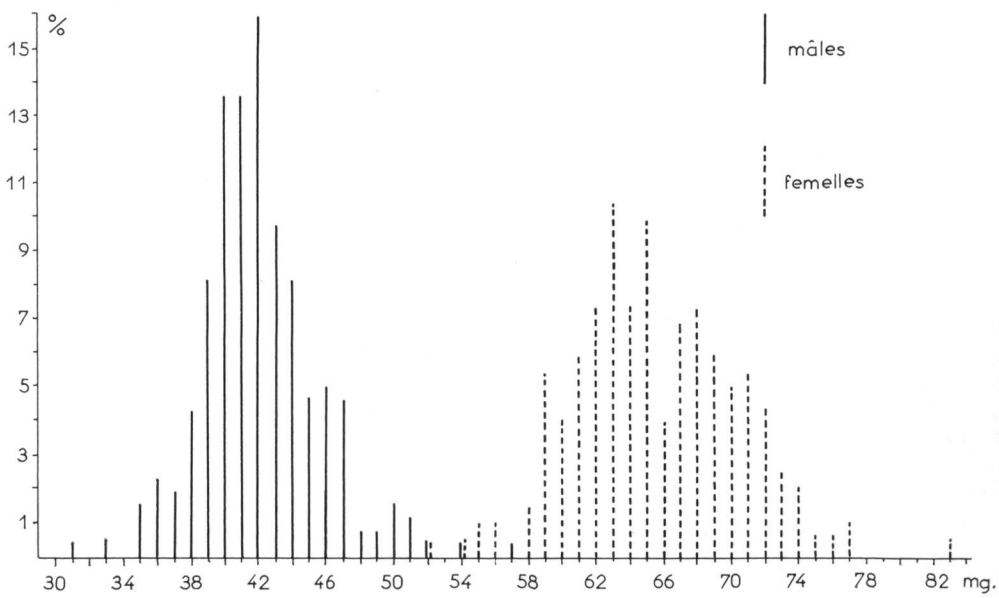


FIG. 5. — *Distribution pondérale des larves au dernier âge en fonction du sexe*

yeux sont noirs, les antennes et l'extrémité des mandibules sont légèrement brunâtres (cette couleur verte transparaît déjà un peu sur la larve du cinquième stade). Parvenues à ce sixième stade, les larves ne s'alimentent plus et s'enfouissent dans un délai plus ou moins long. Ces larves peuvent être réparties en deux catégories selon leur grosseur : celles qui pèsent moins de 50 mg donneront des mâles l'année suivante (moyenne 42,1 mg), celles dont le poids est supérieur à 58 mg produiront uniquement des femelles (moyenne 65,5 mg) ; une incertitude existe dans la zone de recouvrement (fig. 5).

Enfouissement des larves et tissage du cocon

Le délai d'enfouissement des larves est lié aux conditions d'élevage. En effet, des larves en fin de développement, placées dans des bocaux emplis aux deux tiers de terre grossière humide et obturés par un couvercle de verre, s'enfouissent toutes en moins de 48 heures. Par contre, lorsqu'on dispose soit du feuillage soit des fragments de papier ou de mousseline à la surface de la terre, les larves restent accrochées sur ces supports, immobiles, enroulées sur elles-mêmes ; les enfouissements s'échelonnent alors entre le 8e et le 21e jour et parfois même après le 60e jour. Si pendant cette période d'inactivité des larves, on élimine ces supports, les larves s'enterrent presque immédiatement. Nous avons observé un comportement identique chez *Pachyprotasis antennata* (KL.) ; parmi les espèces de la sous-famille des *Tenthredininae* que nous avons élevées jusqu'ici, ce sont les seules à agir ainsi. Nous ignorons si, dans la nature, la larve n'*A. aucupariae* présente une telle réaction lorsqu'elle atteint son dernier stade.

La mortalité hivernale dépend pour une grande part de la rapidité d'enfouissement. Elle est inférieure à 5 p. 100 lorsque les larves descendent en terre immédiatement mais atteint 60 à 100 p. 100 si elles s'enterrent plus d'une semaine après leur dernière mue. Dans ce cas on constate que les larves sont mortes à même le sol ou dans un cocon imparfait (1). Il semble donc que la larve perde rapidement la faculté de tisser un cocon normal. Celui-ci mesure 8-10 mm de long sur 5-6 mm de large pour les mâles et 10-12 mm de long sur 5-7 mm de large pour les femelles. La confection d'un cocon par les larves de *Rhogogaster aucupariae* KL. et *R. fulvipes* SCOP. a justifié leur séparation des autres espèces de ce genre et leur rattachement à la tribu des *Tenthredopsini* (STEIN, 1929 ; BENSON, 1952).

C. — CONCLUSIONS

L'étude détaillée du cycle évolutif d'*A. aucupariae* nous a permis de mettre en évidence trois aspects particuliers de sa biologie :

— le dépôt des œufs dans la tige est précédé d'une incision de celle-ci, ayant pour effet d'arrêter la lignification, ce qui permet aux jeunes larves de franchir aisément les tissus végétaux entourant les œufs ;

— la plupart des femelles ont une parthénogenèse arrhénotoque mais certaines peuvent produire des individus des deux sexes ;

(1) La confection du cocon se fait également avec difficulté dans une terre finement tamisée.

— la larve en fin de développement s'enfouit dans le sol lorsqu'aucun support, naturel ou artificiel, ne l'incite à s'immobiliser.

Par des élevages conduits au laboratoire, nous avons pu préciser l'action du facteur thermique sur certains points du cycle évolutif : élimination de la diapause, évolution prénymphale, seuil du développement nymphal et durée de celui-ci, température d'émergence des adultes. A l'aide de ces renseignements et des données climatiques, il est possible de pronostiquer le moment de la nymphose. Les conditions thermiques ultérieures permettent de contrôler l'évolution nymphale et de prévoir la date approximative des émergences.

Deux points importants restent à préciser : le seuil du développement embryonnaire et les modalités de la parthénogenèse. Il serait également intéressant de comparer la biologie de cette espèce avec celle d'*Aglaostigma fulvipes* (SCOP.), qui vit également sur *Galium* mais apparaît plus tardivement.

Reçu pour publication en mars 1970.

SUMMARY

BIOECOLOGY OF *AGLAOSTIGMA AUCUPARIAE* (KLUG) (HYM. *TENTHREDINIDAE*)

The biology of *Aglaostigma aucupariae* (KL.), a sawfly living on *Galium* (Rubiaceae), is observed in laboratory. Three points are interesting : the egg laying into the stem of *Galium* is preceded by a notch that stops the lignification ; two types of females are recognizable : ones are arrhenotokous and others deuterotokous ; the larvae burrow in the soil when any support permits her immobilization.

The larval diapause is eliminated by the automnal lower temperatures, then the larva evolves slowly during the winter and pupates in the beginning or end of February according to the temperatures registred in December. The pupal development depends directly of the temperature but the adult emergency does not appear under 12°C. According to climatic conditions, it is possible to provide for the approximative period of emergency.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BENSON R. B., 1952. Handbooks for the identification of the British Insects. *R. Entomol. Soc. London*, vol. 6, 2 *b*, 113 p.

DONCASTER L., 1906. On the maturation of the unfertilized egg and the fate polar bodies, in the *Tenthredinidae* (Sawflies). *Quart. J. Microsc. Soc.*, **49**, 561-589, pl. 35-36.

LE BERRE J. R., CHEVIN H., BOULAY Ch., 1968. Analyse expérimentale du comportement de ponte d'*Aglaostigma* (*Rhogogaster*) *aucupariae* (KLUG) (*Hym. Tenthredinidae*). *Bull. Soc. Entomol. Fr.*, **73**, 164-169.

LORENZ H., KRAUS M., 1957. Die Larvalsystematik der Blattwespen. *Abh. Larvalsyst. Insekt.*, **1**, Berlin, 339 p.

STEIN R., 1929. Neue oder wenig bekannte Afterraupen nebst Bemerkungen über Blattwespen und ihre Larven Überhaupt. *Wiener Entomol. Z.*, **46**, 113-156.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 391-422.

ESSAIS COMPARATIFS DE PIÈGES COLORÉS ET LUMINEUX

L. BONNEMAISON
avec la collaboration technique de S. WARIN

Station centrale de Zoologie,
Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Les pièges colorés ou lumineux n'attirent qu'une faible proportion des insectes diurnes ou nocturnes qui se déplacent dans leur voisinage ; les lampes fluorescentes à lumière noire sont généralement plus efficaces que les lampes fluorescentes « lumière du jour » ou à incandescence opales sauf pour les Aphides gynopares.

Les distances parcourues par les gynopares et les mâles des Aphides, plus spécialement de *Rhopalosiphum insertum* WLK. et de *R. padi* L. lors du vol de rémigration, sont en corrélation positive avec l'ensoleillement et la température durant la seconde quinzaine d'octobre. Les vols sont dirigés contre le vent, ce qui permet aux rémigrants de percevoir la présence des plantes-hôtes primaires.

INTRODUCTION

Les expériences mentionnées dans cette note ont eu pour but de préciser :

1° l'attractivité de différents types de pièges colorés ou lumineux, à l'égard de divers ordres d'Insectes, principalement nocturnes, en vue d'essais ultérieurs combinant ces pièges avec des attractifs sexuels et des chimiostérilisants.

2° Les facteurs conditionnant les captures d'Aphides (notamment les gynopares et les mâles) par ces pièges, et les fluctuations des populations aphidiennes en un même endroit au cours de trois années consécutives.

3° Les relations existant entre ces captures et les populations relevées sur le Pommier, la Betterave, la Pomme de terre et le Chou ; ces observations seront publiées dans deux notes ultérieures.

I. — TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

Des observations préliminaires ont été faites en 1966 et des notations plus détaillées ont été réalisées en 1967, 1968 et 1969. Les pièges étaient placés dans une parcelle de terrain non cultivé soumis à des façons culturales tous les mois. La figure 1 montre le dispositif d'ensemble et les cultures (Céréales, Betterave, Pomme de terre, Chou, Luzerne) ou plantations environnantes. La hauteur du bâtiment, situé à l'ouest de la parcelle, était d'environ 20 m, celle des arbres des allées de 20 à 30 m ; les arbres fruitiers (Pommier, Poirier, Pêcher, Abricotier, Cerisier), âgés de 3 à

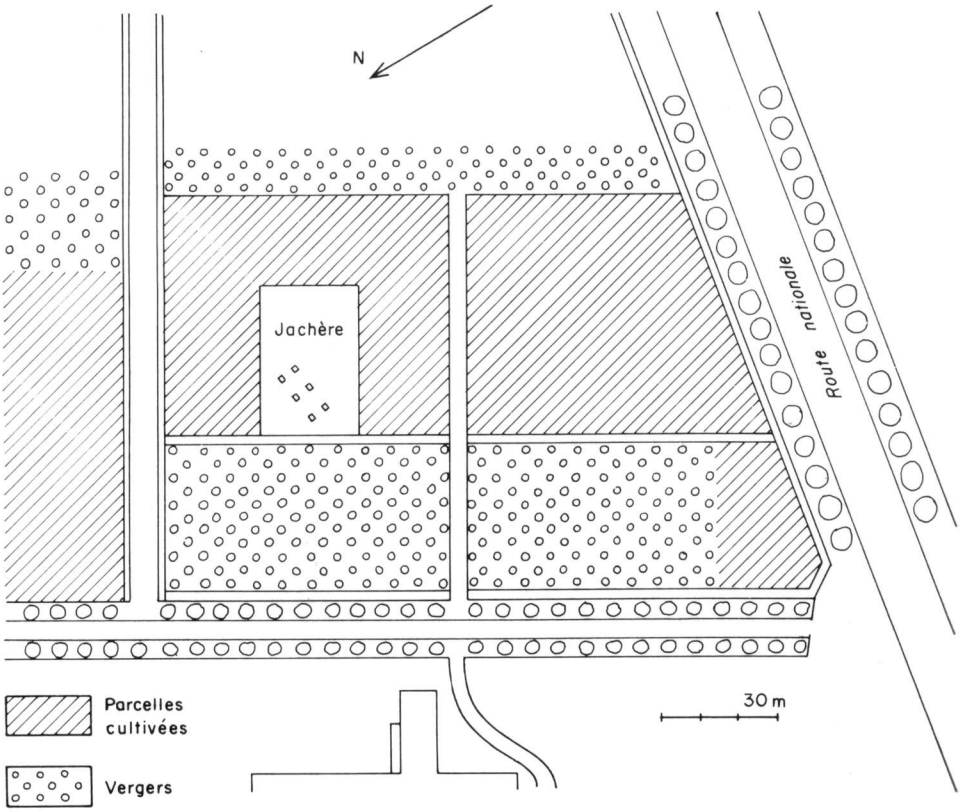


FIG. 1. — *Vue d'ensemble du terrain où ont été disposés les divers modèles de pièges*

10 ans et conduits en gobelets, mesuraient 4 à 6 m. Le terrain où étaient placés les pièges était donc fortement protégé des vents d'ouest et du sud ; au sud-ouest et au-delà de la Route nationale, se trouvait une forêt avec de vastes clairières ayant une végétation dense de Graminées. L'ensemble du terrain, représenté sur la figure 1, était entouré au nord par le parc du château de Versailles et des cultures de Céréales, Betteraves, Pomme de terre, à l'est par le parc et la ville de Versailles, au sud par des jardins ouvriers et des bois, à l'ouest par plusieurs bâtiments du Centre national de Recherches agronomiques.

Il a été utilisé de 1966 à 1969 plusieurs types de pièges.

Piège type A

Constitué par un bac en zinc mesurant 50 × 50 × 9 cm recouvert intérieurement d'une peinture glycérophtalique « Bouton d'or » en 2 couches, rempli à moitié d'eau additionnée, dans la plupart des cas, d'un détergent. Ce bac reposait sur un support en bois et le haut du bac était

à une hauteur de 0,70 m au-dessus du sol (fig. 2). Un orifice situé à la partie inférieure du bac permettait le lavage journalier de celui-ci.

Les pièges des types B à I, mentionnés ci-dessous, comprenaient le même type de bac fixé sur le support et, en outre, des dispositifs variés (plaques verticales et lampes pour les lots B à D, seulement des lampes pour les lots E à J).

Piège type B

Deux plaques en matière plastique transparente, larges de 0,70 m et hautes de 0,58 m se croisant à angle droit en leur milieu étaient disposées verticalement ; ces plaques reposaient sur le fond du bac et étaient placées suivant les diagonales de ce dernier ; les quatre secteurs ainsi délimités étaient orientés au nord, à l'est, au sud et à l'ouest. A l'intersection des deux panneaux une ouverture circulaire a été faite afin de placer une lampe à incandescence opale de 40 W (430 lumens) dont la partie inférieure était à 25 cm au-dessus de l'eau.

Piège type C

Identique au type B, mais la lampe était entièrement recouverte d'un globe coloré rouge violacé foncé, placé à 25 cm au-dessus de l'eau ; le même piège a été employé en 1967, la lampe étant à 5 cm au-dessus du niveau de l'eau.

Piège type D

Comprenant deux plaques de matière transparente comme les pièges précédents ; une lampe à fluorescence à « lumière noire » de 20 W, longue de 60 cm, était disposée horizontalement dans une ouverture pratiquée dans l'un des panneaux et à 25 cm au-dessus de l'eau.

Piège type E

A 30 cm au-dessus de ce bac et au centre de celui-ci, une lampe à fluorescence de 20 W « lumière du jour » (800 lumens, longueur d'onde : 4 000 à 7 000 Å) était placée verticalement ; elle était entourée d'un cylindre de matière plastique transparente d'un diamètre de 35 cm et d'une hauteur de 0,60 cm, enduit de glu.

Piège type F

Même dispositif que le type E mais avec une lampe à fluorescence « lumière noire » de 20 W.

Piège type G (fig. 2)

Comprenant un bac conforme au type A : une lampe à incandescence blanche de 75 W (1 070 lumens) recouverte d'un abat-jour faiblement conique et en tôle était placée au-dessus du centre du bac et à 0,70 m au-dessus de l'eau.

Piège type H (fig. 3)

Identique au piège E, mais la lampe à incandescence était remplacée par une lampe à fluorescence de 20 W « lumière du jour » placée horizontalement à 0,70 m au-dessus de l'eau. La lampe était protégée de la pluie par une feuille de matière plastique transparente en forme de gouttière renversée.

Piège type I

Même dispositif que le type H mais équipé d'une lampe à « lumière noire » de 20 W.

Piège type J

Constitué par une armature supportant une lampe à incandescence blanche de 200 W (2 950 lumens) située à une hauteur de 2,40 m ; sous cette lampe, se trouvait, à une hauteur de 1-1,60 m une lampe à fluorescence « lumière noire » de 20 W placée verticalement au-dessus d'un entonnoir en verre de 35 cm de diamètre débouchant dans un sac de mousseline. Le but de ce dispositif était d'attirer les Insectes situés à une grande distance par la grosse lampe à incandescence, et de les concentrer ensuite autour de la lampe à « lumière noire ».

Piège type W

Piège type WILLIAMS (1948) équipé d'une lampe à incandescence « lumière blanche » de 200 W.

Les lampes ont été allumées et éteintes à des heures différentes suivant les lots et les dates

d'observation. Les relevés des captures étaient faits tous les jours et, lors des vols importants, à plusieurs heures de la journée.

FIG. 2. — *Piège type G*

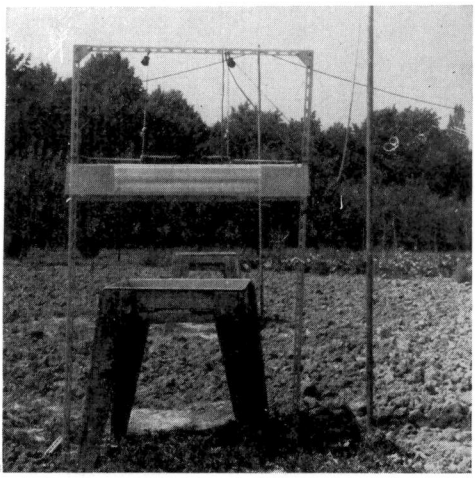


FIG. 3. — *Piège type H*

II. — CAPTURES D'INSECTES AUTRES QUE LES APHIDES

Résultats d'expériences réalisées en 1966, 1967, 1968 et 1969

Essais 1966. — L'importance des prises peut varier assez fortement suivant la hauteur à laquelle sont placés les pièges. BROADBENT (1948) a réparti des pièges cylindriques verticaux, longs de 0,30 m et enduits de glu, dans une culture de Pomme de

terre, à 3 hauteurs : 0,05-0,35 m, 0,80-1,10 m et 1,55-1,85 m ; les captures d'Aphides ont été d'autant plus importantes que le piège était plus haut. Avec des bacs colorés, HEATHCOTE (1957 *a*) a obtenu des prises plus importantes au niveau du sol. GONZALEZ et RAWLINS (1968) ont réparti des bacs colorés dans des cultures de Laitue ; les captures ont été plus fortes dans les bacs placés à 0,20 m au-dessus du sol que dans ceux mis à une hauteur de 0,32 m. Rapportées à une unité de surface, les captures ont été relativement d'autant plus importantes que le bac était plus petit (HEATHCOTE, 1957 *b*).

Des assiettes colorées, d'un diamètre de 0,18 m ont été placées sur le pourtour d'une parcelle de Colza à un mètre de la culture et à des hauteurs de 0,40, 1,00 et 1,40 m ; les relevés ont été faits tous les jours du 1er au 30 juin ; les principales captures ont été : *Ceuthorrhynchus assimilis* PAYK., *Meligethes aeneus* F. et divers Aphides. Le tableau ci-dessous indique les captures par piège et par décade :

		C. assimillis			*M. aeneus*			Aphides		
		0,40	1,00	1,40	0,40	1,00	1,40	0,40	1,00	1,40
Captures	1-10 juin....	366	109	20	49	32	15	42	21	13
	11-20 juin....	34	7	0	91	75	2	13	12	3
	20-30 juin....	5	2	0	15	20	14	0	0	0
Total.....		405	118	20	155	127	31	55	33	16
P. 100.....		100	29	4,9	100	81	20	100	60	29

On constate que les prises sont, pour tous les Insectes, plus importantes dans les assiettes les plus basses.

Il a été également comparé les captures faites dans des assiettes jaunes fixées sur un piquet à 0,70 m du sol et des bacs de zinc de 50 × 50 cm colorés intérieurement en jaune, placés également à 0,70 m au-dessus du sol ; les deux catégories de bacs étaient réparties à 1 m de la bordure de la parcelle de Colza.

Les captures pour 100 cm² de surface attractive des deux pièges ont été les suivantes pour la période du 6 mai au 6 juin :

C. assimilis		*M. aeneus*		Divers	
Assiette	Bac	Assiette	Bac	Assiette	Bac
203	16	387	13	157	28

Les prises ont donc été relativement de 5 à 29 fois plus importantes dans les assiettes que dans les bacs.

Des pièges lumineux n'ont été essayés que durant le mois d'août. Il a été utilisé les pièges type E (fluorescence blanche), F (fluorescence lumière noire) et WILLIAMS (W). Le piège WILLIAMS était placé à 200 m des deux autres ; ces derniers étaient

distants de 10 m ; les trois étaient allumés de 20 à 24 heures (heure légale française). Il a été capturé du 1er au 30 août :

	Type E	Type F	Type W
Aphides	102	252	22
Coléoptères	68	172	17
Lépidoptères	106	392 (*)	37
Diptères	678	1 380	260

(*) Dont 367 *Noctuidae*.

Essais 1967. — Il a été essayé comparativement les types A, C et J ; les pièges étaient distants de 6 m, les lampes ont été allumées de 20 à 22 heures du 1er mai au 27 septembre, et de 18 h 30 à 22 heures après le 27 septembre. La figure 4 indique les captures globales mensuelles des Aphides et Coléoptères, Lépidoptères et Diptères. Les captures totales faites en mai, juin, août, septembre et octobre ont été les suivantes :

	Type A	Type C	Type J
Aphides	5 526	13 390	7 274
Coléoptères	195	233	314
Lépidoptères	10	126	575
Diptères	182	268	2 190
Hyménoptères	14	30	19

Il a été également capturé de très nombreux Insectes de petite taille : Thysanoptères, Jassides, Hyménoptères parasites, *Cecidomyidae*, qui ne sont pas mentionnés dans ces relevés.

Essais 1968. — Il a été utilisé 4 types de pièges situés à une dizaine de mètres les uns des autres : A, B, C et D (fig. 9). Les lampes étaient allumées de 19 h 30 à 22 heures du 1er mai au 27 septembre, et de 17 h 30 à 20 h 30 au-delà du 27 septembre.

La figure 5 indique les captures globales mensuelles d'Aphides, de Coléoptères et d'Insectes divers, de Lépidoptères, d'Hyménoptères et de Diptères ; les captures totales du 1er mai au 31 octobre dans les divers pièges ont été :

	Type A	Type B	Type C	Type D
Aphides	8 380	23 770	4 760	13 490
Divers	8	114	72	185
Coléoptères	228	209	214	3 908
Lépidoptères	7	255	37	552
Hyménoptères	34	618	172	1 670
Diptères	139	2 930	995	5 730

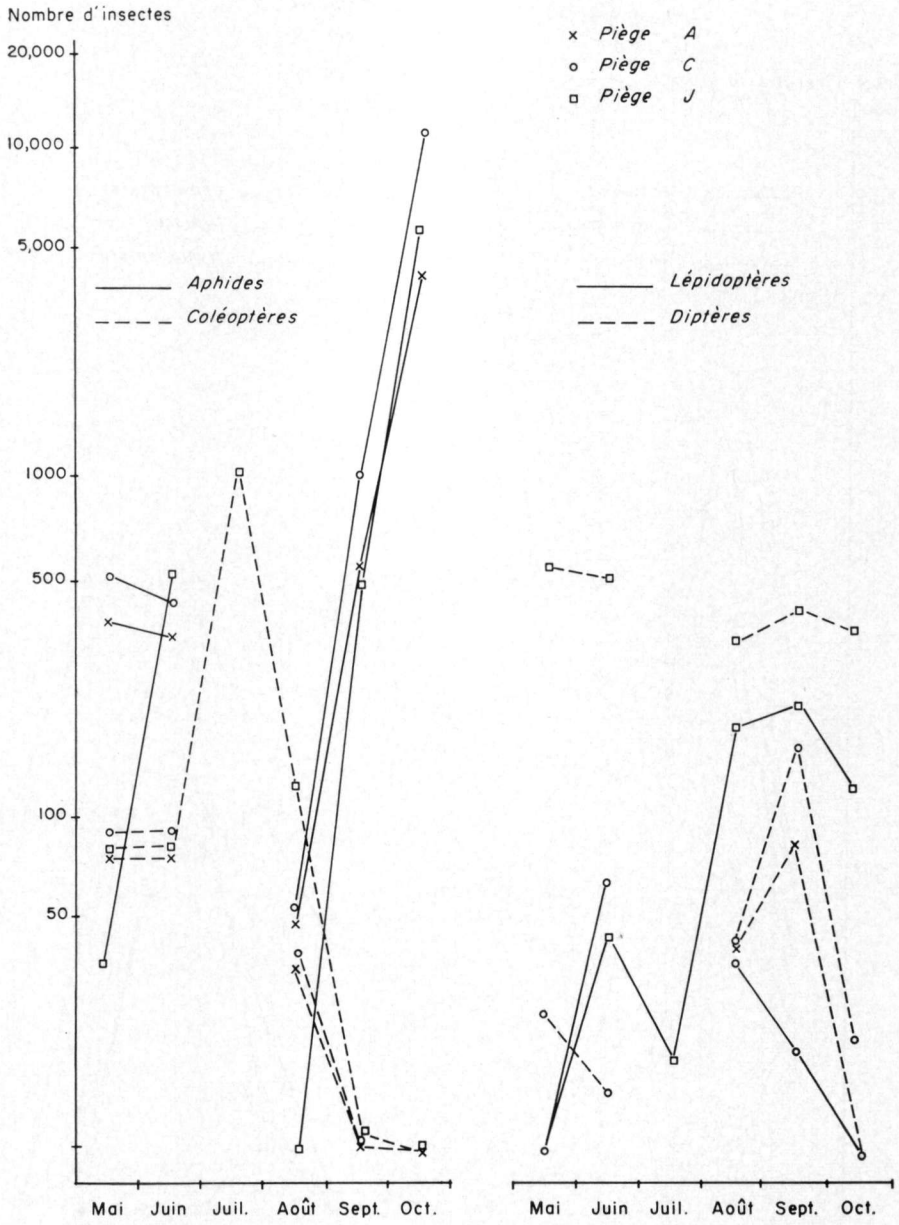


FIG. 4. — *Captures faites en 1967 dans les pièges des types A, C, J*

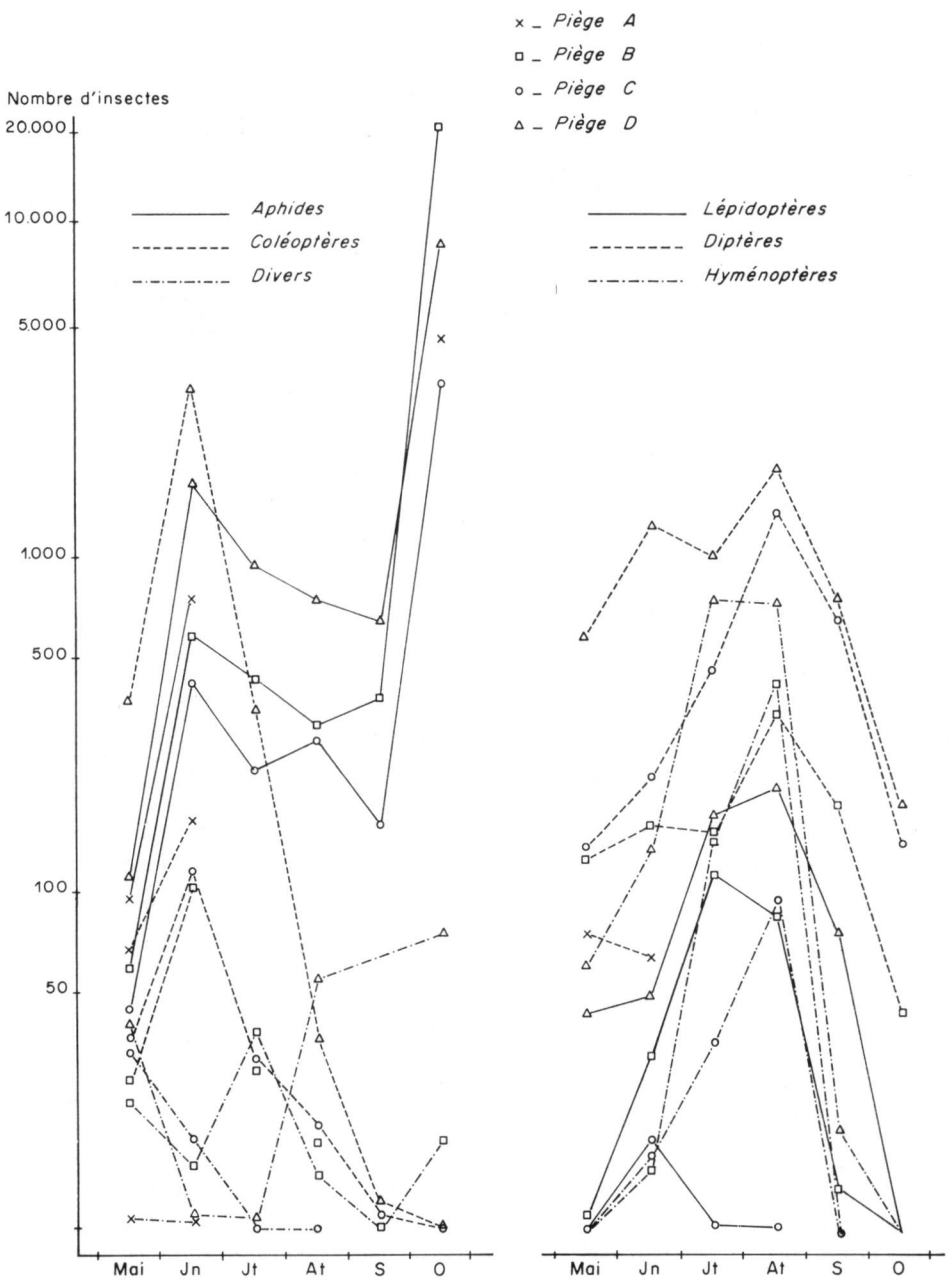


FIG. 5. — *Captures faites en 1968 dans les pièges des types A, B, C et D, de mai à octobre*

Essais 1969. — Du 1er mai au 1er octobre, il a été utilisé 4 types de pièges : A (2 exemplaires), G (2 exemplaires), H et I ; les heures d'allumage et d'extinction ont été :

	1/5-12/6 (h)	13/6-10/7 (h)	11/7-15/9 (h)	16/9-1/10 (h)
Pièges G_1 et I	18-20	19-21	20-22	18-20
Pièges G_2 et H	20-22	21-23	22-24	20-22

Les 6 pièges étaient disposés en deux rangées parallèles orientées d'ouest en est, distantes de 5 m, et écartés de 7 m sur la ligne (fig. 9).

Le dispositif et plusieurs pièges ont été modifiés le 1er octobre (fig. 9) ; les prises des Insectes autres que les Aphides ayant été faibles en octobre, le tableau récapitulatif ci-dessous n'indique que les captures faites du 1er mai au 1er octobre (moyenne par piège).

	Type A	Type G	Type H	Type I
Aphides	8 270	9 870	6 040	5 220
Coléoptères	352	411	464	1 125
Lépidoptères	26	70	228	237
Hyménoptères	151	201	187	312
Diptères	632	802	552	1 278

Pièges colorés et pièges lumineux

— *Les pièges colorés* ont été utilisés par de nombreux chercheurs ; en règle générale, ces pièges renferment de l'eau afin de pouvoir dénombrer et identifier les animaux attirés par les différentes couleurs utilisées (Le Berre et Roth, 1969). Des bacs colorés en jaune ont été utilisés pour préciser les déplacements et l'importance des populations de divers Insectes, principalement des Coléoptères nuisibles aux Crucifères : *Ceuthorrhynchus assimilis* payk (Ankersmit et Nieukerken, 1955, Bonnemaison, 1957), *C. napi* gyll (Fritzsche, 1956, et Frohlich, 1956), *Meligethes aeneus* F. (Nolte, 1959).

Quelques espèces ou familles d'insectes sont relativement plus attirées par des couleurs autres que le jaune. C'est ainsi que le vert et le blanc sont attractifs pour les Diptères *Anthomyidae* (Roth et Couturier, 1966) ; le bleu est plus attractif que le jaune pour *Oscinella frit* L. et *O. pusilla* meig. (Moreau, 1963).

Zdarek et Pospisil (1966) ont utilisé des lumières monochromatiques de la même intensité ; ils concluent que les couleurs les plus attractives sont le vert jaunâtre (environ 5 500 Å) pour les *fundatrigeniae* ou virginopares ailées, le bleu-violet (4 000-5 000 Å) pour divers Diptères (*Muscina stabulans* fallen, *Stomoxys calcitrans* L. et *Pegomyia hyoscyami* panz.), et l'ultra-violet (moins de 4 000 Å) pour le Doryphore, *Adalia bipunctata* L. et *Trichogramma evanescens* westwood.

L'examen des captures faites dans les pièges du type A (fig. 4, 5 et 6) permet de constater que le maximum de captures des Coléoptères, Lépidoptères, Hyménoptères non parasites, Diptères, se situe généralement en juin ; en 1968, les captures maximales des Diptères, Lépidoptères et Hyménoptères ont eu lieu en juillet et août.

— *Les pièges lumineux*, et plus spécialement les lampes à fluorescence à lumière noire, ont été utilisées pour de nombreuses expériences. Le piège de WILLIAMS (1951) a été employé principalement pour la capture des Lépidoptères nocturnes.

Divers travaux réalisés au laboratoire, qui éliminent l'action des facteurs écologiques, ont permis de préciser divers points. MARSHALL et HIENTON (1938) ont montré que le bleu-violet et l'UV étaient plus attractifs pour *Laspeyresia pomonella* L. que les autres couleurs. D'après FICHT et HIENTON (1939), le maximum de captures d'*Ostrinia nubilalis* HBN. est obtenu avec le bleu ou le violet, et l'importance des captures est proportionnelle à l'intensité lumineuse ; l'UV moyen à 2 970 et 3 200 Å n'a aucun effet attractif.

Triphoena pronuba L. est un peu plus attiré par la lumière blanche que par une lumière de 3 650 à 6 750 Å ; pour plusieurs espèces de Lépidoptères nocturnes, la lumière verte est la plus attractive (DUFAY, 1964). Les expériences réalisées en Hongrie par MESZAROS (1966) montrent que l'UV est plus attractif que la lumière blanche pour *L. pomonella* et *Loxosteges sticticalis* L., *Nymphula nymphaeta* L. ; l'inverse a été constaté pour *O. nubilalis* et *Plutella maculipennis* CURT.

Les fortes intensités lumineuses ont généralement un rayon d'action plus étendu que les faibles mais elles exercent un effet répulsif pour beaucoup de Lépidoptères parvenus à proximité de la source lumineuse (VERHEIJEN, 1960 ; DUFAY, 1964 ; DEMOLIN, 1964).

Les lampes fluorescentes à lumière noire ont été très utilisées au cours de ces dernières années par les entomologistes américains en vue de la capture de Lépidoptères nocturnes ; tous les divers pièges essayés avaient une lampe à lumière noire de 15 ou 40 watts disposée verticalement. GLICK *et al.* (1964) ont employé un piège avec 4 ailes verticales ; une soufflerie placée au-dessus du piège augmentait le nombre des captures. RAO (1965) a utilisé ce type de lampe pour la capture de *Nacoleia diemenalis* GUENÉE (*Pyralididae*). D'après HENNEBERRY et HOWLAND (1966), HENNEBERRY *et al.* (1967), les mâles de *Trichoplusia ni* HBN. sont fortement attirés par la lumière noire, mais il est attrapé 70 fois plus de mâles lorsque le piège comprend une lampe à lumière noire et une cage renfermant des femelles vierges. HOLLINGSWORTH *et al.* (1968) ont utilisé des lampes à lumière noire de 15 watts (1 950 miliwatts UV) et des lampes de 40 watts (8 100 milliwatts UV) ; les prises ont été proportionnelles à l'intensité en UV.

Le Coléoptère *Atomaria linearis* STEPH. est fortement attiré par les lampes à fluorescence ; à puissance égale, les lampes à lumière noire sont 1,5 fois plus attractives que les lampes à lumière blanche (BONNEMAISON et LYON, 1968).

L'examen des figures 4, 5 et 6 permet une étude comparative de l'efficacité des divers types de pièges lumineux qui ont été utilisés en 1967, 1968 et 1969. Ces pièges étaient distants les uns des autres de 5 à 10 mètres ; il en résultait que les pièges du type A étaient très faiblement éclairés.

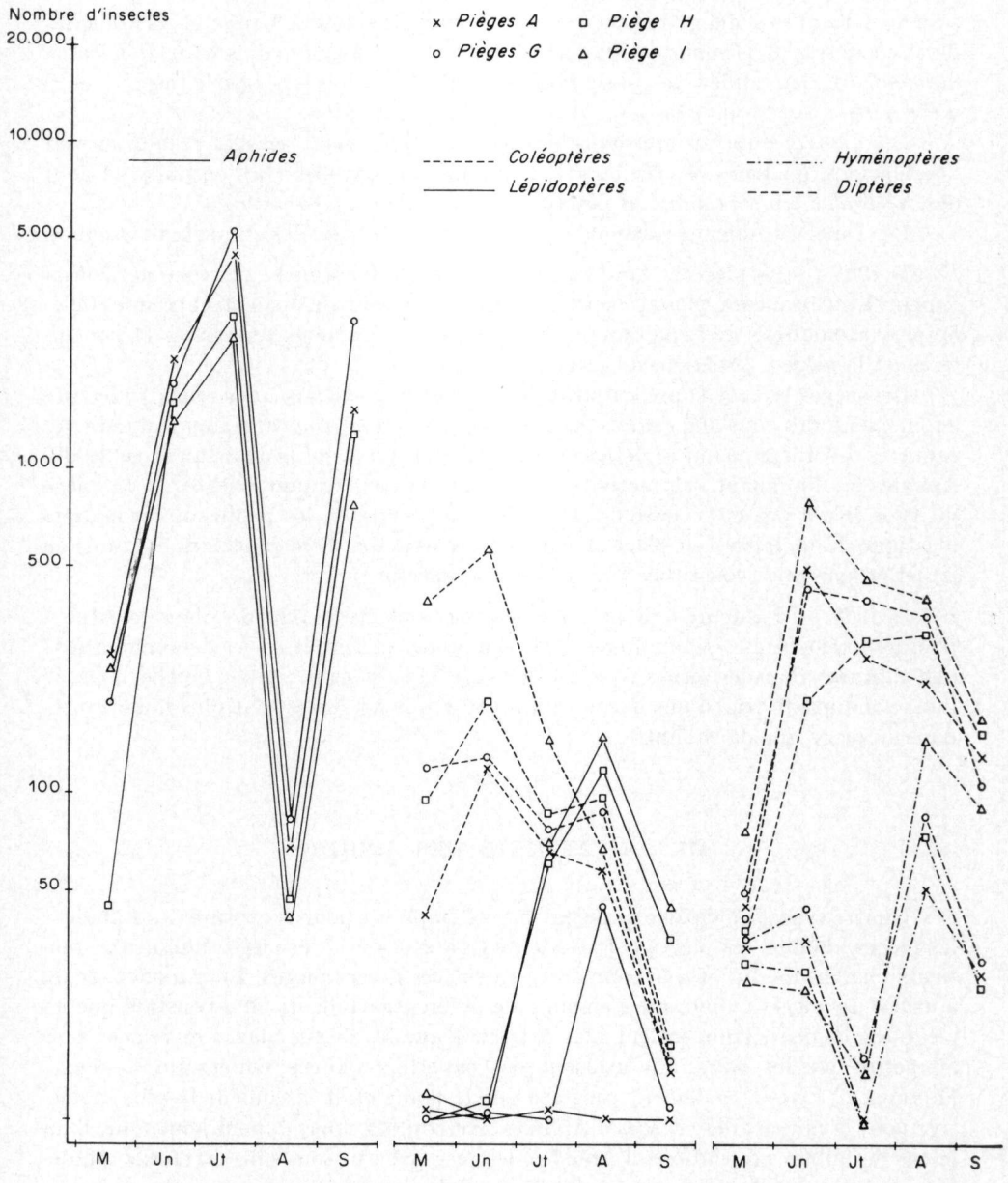


FIG. 6. — *Captures faites en 1969 dans les pièges des types A, G, H et I, de mai à septembre*

Espèces capturées dans les divers pièges

Essais 1967. — Les Coléoptères capturés en mai et juin dans les pièges A et C étaient principalement des Méligèthes ; il y avait, en outre, quelques Altises et Charançons des Crucifères ; dans le piège J, il n'a été relevé que des atomaires et 6 *Melolontha melolontha* L. En juillet, les observations n'ont été faites que sur le piège J et il a été noté 1 020 atomaires, les 3, 4 et 5 juillet.

Les *Lépidoptères* capturés dans le piège J comprenaient ; en mai et juin, surtout des Tinéides, quelques Noctuelles et *Sphingidae* (*Mimas tiliae* L.), en juillet et août des *Noctuidae*, en septembre et octobre, des *Noctuidae* et *Geometridae*.

Les Diptères étaient principalement des espèces détriticoles et quelques Oscinies.

Essais 1968. — Le piège D (lampe à fluorescence à lumière noire disposée horizontalement) a été beaucoup plus attractif que les trois autres, principalement pour les Coléoptères (atomaires), les Lépidoptères, les Diptères, les Hyménoptères et les Thysanoptères, et le piège C supérieur au piège B.

Les pièges B, C et D présentaient des panneaux verticaux : des relevés effectués au moment des vols importants ont montré que ces panneaux augmentaient les captures des Insectes qui se déplacent rapidement, mais qu'ils abaissaient celles des Aphides en diminuant l'attractivité exercée par la couleur jaune des bacs. Le piège du type B n'a pas été éclairé du 1er juillet au 5 octobre, les panneaux en matière plastique étant laissés en place. La majeure partie des Hyménoptères capturés en juillet et août était constituée par des fourmis ailées.

Essais 1969. — La figure 6 montre que les prises ont été maximales dans le piège I pour les Coléoptères, Lépidoptères, Hyménoptères et Diptères ; les dénombrements des captures dans les pièges G_1 et G_2, faits à 8 h 30 et 17 h 30, pendant le mois de juin, n'indiquent pas d'une façon significative que les prises sont plus importantes dans un piège que dans l'autre.

III. — CAPTURES DES APHIDES

Quatre types principaux de pièges ont été employés pour la capture des Aphides : les pièges gluants, les pièges colorés, le piège à succion et les pièges lumineux ; plusieurs chercheurs ont essayé comparativement ces divers pièges. Broadbent (1948) a utilisé des pièges cylindriques englués, de différentes couleurs, et a constaté que les pièges de couleur jaune étaient plus attractifs que les pièges blancs et ceux-ci plus attractifs que les noirs. En utilisant des cuvettes colorées renfermant de l'eau, Moericke (1951) a également constaté que le jaune était la couleur la plus attractive pour la plupart des espèces d'Aphides. Heathcote (1957 *a*) mentionne que, dans le cas de faibles populations d'Aphides, les pièges à eau sont plus attractifs que les pièges gluants, mais inférieurs au piège à succion. Coon et Rinicks (1962) ont signalé que des plaques verticales en aluminium disposées sur des bacs jaunes en plastique décuplent les prises de *Rhopalosiphum maidis* Fitch. mais n'augmentent pas les captures de *Sitobium granarium* Kirby, de *Rhopalosiphum fitchii* Sanderson et de *Schizaphis* (*Toxoptera*) *graminum* Rondani.

L'envol des Aphides est sous la dépendance de l'état physiologique de l'animal, de la température, de la vitesse du vent, de l'éclairement (BROADBENT, 1948 ; JOHNSON 1952, 1954, 1956 ; JOHNSON et TAYLOR, 1957 ; JOHNSON *et al.*, 1957 ; KENNEDY et BOOTH 1963 ; TAYLOR, 1963 ; BERRY, 1969), et une partie des Aphides est emportée à des altitudes élevées par des courants d'air chaud ascendants ; la descente et l'atterrissage semblent dépendre essentiellement du vol actif des Aphides ; en conséquence, une fraction des pucerons atteint le sol au début de la nuit. Utilisant la lumière artificielle et des pièges à succion, EASTOP (1951) a constaté que la plus grande densité de pucerons dans l'air existait entre 9 et 21 heures ; il n'a obtenu des prises nocturnes ou en début de matinée que lorsqu'une espèce était anormalement abondante.

Les températures-seuils d'envol sont de 15,5° pour *Aphis fabae* (JOHNSON *et al.*, 1957) ; quelques envols se produisent à 14-15° pour *R. maidis* et *S. graminum*, mais ils ne sont importants qu'à 20° (BERRY, 1969).

Les travaux mentionnés précédemment ne concernent que des virginopares ailées. Les expériences décrites dans les pages suivantes avaient initialement été envisagées dans le but d'étudier les déplacements des *fundatrigeniae*, des virginopares et surtout des gynopares ailées des espèces ayant des arbres fruitiers pour hôtes primaires ; les captures de ces espèces ont été relativement peu abondantes à l'exception des gynopares de *Rhopalosiphum nymphae* L. et de *R. insertum* WLK.

Essais 1967. — La figure 7 indique les prises par décades du 20 avril au 30 juin et du 1er août au 30 octobre. Au printemps, les prises de *fundatrigeniae alatae* ont été assez importantes dans les pièges A et C, très faibles avec le piège J (lumière noire), à l'exception de la 3e décade de juin (capture de 305 *Sitobium granarium* KIRBY le 22 juin). Les principales espèces qui ont été capturées dans les pièges A et C étaient *R. insertum*, *Myzus persicae* SULZ., *Myzocallis coryli* GOÈZE, *Aphis* sp., *Amphorophora* sp., *Eucallipterus tiliae* L., (fig. 7), *Macrosiphum* sp., *Pemphigus* sp., *Chaitophorus* sp.

Les captures de gynopares (principalement *R. nympae*, *R. padi* et *R. insertum*) ont été très importantes entre le 24 septembre et le 13 octobre avec un maximum les 10, 11 et 12 octobre.

Les notations ont été faites à 8 h 30, 10 h 30, 12 h 30, 14 h 30, 16 h 30, 17 h 30, et 18 h 30 du 9 au 14 octobre ; la figure 8 indique les courbes cumulatives de captures dans les pièges A et C ainsi que les températures relevées au thermomètre-fronde. Les captures ont été très faibles de 8 h 30 à 10 h 30 et elles ont augmenté progressivement de 10 h 30 à 17 h 30, notamment le 11 et le 12 octobre ; dans la journée du 10 octobre, bien que la température ait été plus élevée que les 11 et 12 octobre, les prises ont été très faibles de 10 h 30, à 16 h 30 mais très importantes à 17 h 30 et 18 h 30 ; cette particularité semble être due à deux faits : dans la matinée, le ciel était légèrement couvert et le vent assez fort ; l'après-midi, le ciel était dégagé et le vent faible, ce qui a permis un envol important en début d'après-midi, la température étant alors de 21°.

A partir de la troisième décade de septembre, la température à 8 h 30 a été presque toujours inférieure à la température-seuil d'envol. En conséquence, les captures relevées à 8 h 30 ont été reportées au jour précédant le relevé pour tous les graphiques concernant les notations automnales.

Essais 1968. — Du 1er mai au 30 septembre, le piège du type D (lampe à fluorescence noire) a été constamment le plus attractif tant pour les *fundatrigeniae alatae* que pour

les virginopares ailées des diverses espèces d'Aphides (fig. 5). En 1967, le globe rouge violacé du type C était placé à 5 cm au-dessus de l'eau ; en 1968, ce globe était situé à 25 cm au-dessus de l'eau ; cette modification a diminué son attractivité. Du 1er mai au 30 juin, les captures ont été pratiquement identiques dans les pièges A, B et C.

L'importance des prises des gynopares et des mâles a été, par ordre décroissant : pièges B, D, A et C.

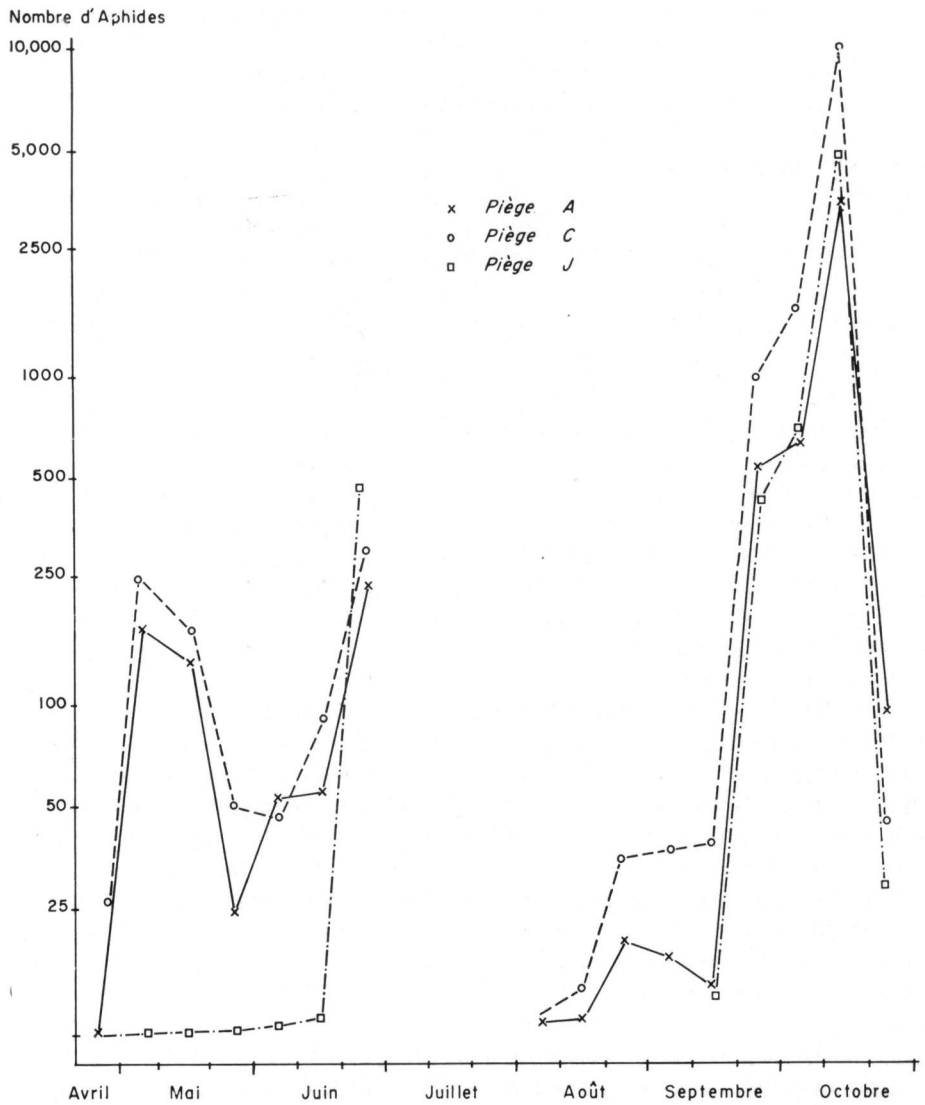


FIG. 7. — *Captures par décades des Aphides relevées en 1967 dans les pièges des types A* (bac coloré), *C* (piège avec plaques verticales et lampe rouge violacé) *et J* (piège muni d'une lampe à lumière blanche de 250 W).

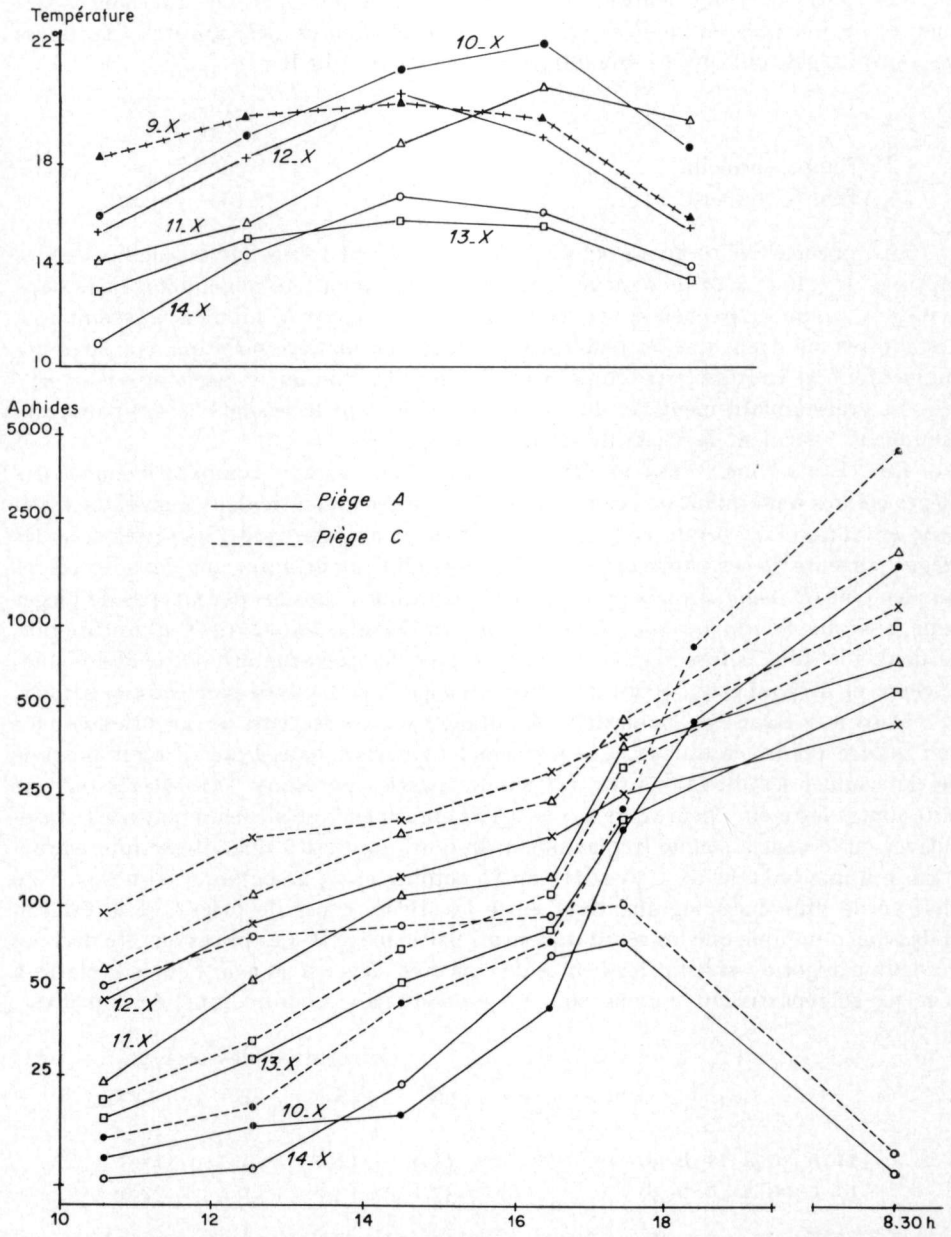


FIG. 8. — *Températures relevées au thermomètre-fronde et courbes cumulatives des captures faites à 10 h 30, 12h 30, 14 h 30, 16 h 30, 17 h 30, 18h 30 et le lendemain à 8 h 30 les 10, 11, 12, 13 et 14 octobre 1967 dans espièges du type A et du type C.* La brusque chute des prises dans la soirée du 14 est due à la pluie.

Il semblait logique que les captures durant la journée, c'est-à-dire de 8 h 30 à 17 heures, soient très voisines dans les 4 pièges; du 10 au 30 octobre, les relevés ont été faits toutes les 2 à 3 heures ; durant cette période, il y a eu des alternances fréquentes de journées ensoleillées et couvertes ou pluvieuses ; les captures, exprimées en pourcentages, ont été les suivantes pour les pièges A et B :

	A	B
Temps ensoleillé	100	191
Temps couvert	100	49

Les journées du 10 au 14 octobre 1967 (fig. 8) ont toutes été ensoleillées et les captures de 8 h 30 à 17 h 30 ou 18 h 30 ont constamment été plus importantes dans le piège C, muni de panneaux verticaux, que dans le piège A qui n'en possédait pas. Ces chiffres montrent que les panneaux verticaux en matière plastique transparente augmentent les captures par temps ensoleillé mais les diminuent par temps couvert ; cela est vraisemblablement attribuable au fait que, dans le second cas, ces panneaux diminuent fortement la visibilité de la couleur jaune.

Aux États-Unis, Coon et Rinicks (1962) ont essayé comparativement des pièges colorés renfermant de l'eau et les mêmes pièges munis de deux panneaux verticaux en aluminium peints en jaune et se croisant à angle droit ; les prises dans les pièges porteurs de ces panneaux ont été 10 fois plus importantes que dans les pièges simples pour *R. maidis*, mais pratiquement identiques dans les deux types de pièges pour *R. fitchii*, *S. granarium* et *S. graminum*. Au Canada, Frost (1958) a capturé près de deux fois plus d'Insectes ou d'Acariens avec des pièges munis d'une lampe fluorescente et de panneaux, qu'avec les mêmes pièges dépourvus de panneaux verticaux.

Dans mes essais, ces panneaux délimitaient quatre secteurs de 90° orientés face aux quatre points cardinaux. Ces panneaux plongeant dans l'eau, il était possible de déterminer les directions de vols suivies par les pucerons. Des relevés ont été faits toutes les 2 ou 3 heures, de 8 h 30 à 17 heures pendant plusieurs journées consécutives où le vent a soufflé fréquemment du nord-nord-est à une vitesse inférieure à 4 km/h à une hauteur de 1,50 m (15 au 19 octobre et 23-24 octobre). Il n'a pas été observé de différences significatives entre les divers types de pièges, et le tableau ci-dessous n'indique que les résultats fournis par le piège B. Les prises ont été divisées en deux catégories, suivant les heures de captures, de 11 h 30 à 17 heures et de 17 à 8 h 30, se répartissant comme suit en pourcentages (nombre total de captures : 9 170) :

	Orientation des secteurs			
	N	S	E	O
11 h 30 à 17 h 30	43,6	12,0	27,3	17,0
17 h 00 à 8 h 30	37,1	13,8	26,4	22,6

Ces chiffres montrent que les gynopares et les mâles volent contre les vents faibles, les captures ayant été, pendant la journée, nettement plus fortes dans les secteurs N et E que dans les secteurs S et O. Le vent a été généralement plus faible durant les premières heures de la nuit ; en outre, les Aphides tournent autour des lampes, ce qui conduit à une homogénéisation des prises dans les divers secteurs.

Avec des pièges englués, BROADBENT (1948) a constaté que les prises de virginopares ailées de différentes espèces (*Metopolophium dirhodum* WLK., *Cavariella aegopodi* SCOP. et *M. persicae* SULZ.) étaient sur les panneaux orientés face au vent respectivement 3,8, 2,8 et 2,1 plus importantes que sur l'autre face pour des panneaux peints en noir, en blanc et en jaune.

Essais 1969, du 1er mai au 1er octobre. — Les figures 6, 12 et 13 indiquent respectivement les captures globales mensuelles et par décades dans les 6 pièges : les pièges munis d'une lampe à incandescence blanche G_1 et G_2 ont été un peu plus attractifs que les pièges H (fluorescence blanche) et I (lumière noire) tant pour les virginopares ailées que pour les gynopares ailées, mais les différences ont été très faibles de mai à août.

Le tableau ci-dessous indique, exprimée en pourcentages, l'importance relative des captures d'Aphides classés par familles ou espèces.

		Chaitophoridae	*Callaphidae*	*Aphididae*			*Pemphigidae*
				M.p.	*R.n.p.i.*	Divers	
	Mai	24	2	20	3	51	0
Juin	1-15	3	30	3	0	63	1
	16-30	2,5	1,5	11	0	85	0
	Juillet	0	36	0	0	64	0
	Août	0	12	0	0	88	0
Sept.	1-15	0	0	1,5	93	5,5	0
	16-30	0	6	1,5	91	1,5	0

M.p. = *Myzus persicae* — *R.n.p.i.* = *Rhopalosiphum nymphae, padi* et *insertum.*

A la fin de la première quinzaine de septembre, il a été noté 4 p. 100 de mâles de *R. nymphae, padi* et *insertum.*

Essais 1969, du 1er octobre au 10 novembre. — La 3e décade de septembre et le mois d'octobre ont été anormalement chauds et secs (total des précipitation : 9,6 mm), ce qui a permis de faire des observations continues et non perturbées par le débordement des bacs.

Du 1er octobre au 23 octobre, les conditions expérimentales ont été modifiées comme suit (fig. 9) :

— Piège A_1 non modifiée et piège A_3 mis en place le 10 octobre.

— Pièges G_1, G_3, G_4 et G_5 munis d'une lampe à incandescence de 75 W fonctionnant

de 18 h 45 à 19 h 45 pour G_1 et G_3.
de 19 h 45 à 20 h 45 pour G_4
et de 20 h 45 à 21 h 45 pour G_5.

— Piège H_2 muni d'une lampe à fluorescence blanche et mis à l'ancien emplacement de I, fonctionnant de 18 h 45 à 19 h 45.

Ce dispositif avait pour but de déterminer les heures d'arrivée des pucerons dans les divers pièges. Le soleil se couche à 18 h 29 le 1er octobre (heure légale française), à 18 h 00 le 15 octobre, à 17 h 30 le 1er novembre et à 17 h 09 le 15 novembre ; la nouvelle lune a eu lieu le 11 octobre.

Les Aphides capturés durant le mois d'octobre se répartissent comme suit :

		1-10 octobre	11 au 20 octobre	21 au 31 octobre
R. nymphaea	Gynopares	0	16,9	1,5
	Mâles	0	2,5	4,2
R. padi	Gynopares	70,6	35,1	12,6
	Mâles	21,5	19,4	17,4
R. insertum	Gynopares	4,1	4,8	16,7
	Mâles	1,1	1,5	23,6
M. persicae	Gynopares	2,1	9,4	2,8
	Mâles	0	1,2	4,5
Aphididae divers	Gynopares	0,1	4,8	2,7
	Mâles	0,2	0,7	6,3
Chaitophoridae	Gynopares et mâles	0	3,1	6,4
Callaphidae	Gynopares et mâles	0,1	0,5	1,2
Lachnidae	Gynopares et mâles	0,1	0	0

Les relevés ont été faits tous les jours à 8 h 30, 9 h 30, 11 h 30, 14 h 30, 17 h 00 et 18 h 30 ; les captures globales par décades ont été les suivantes :

	Piège A_1	A_3	G_1	G_3	G_4	G_5	H_2
1-10 octobre ...	6 154	—	18 787	9 277	9 102	7 579	6 540
11-20 octobre	2 497	1 530	5 328	3 670	3 997	3 225	3 161
21-23 octobre	817	638	1 814	1 152	1 254	1 182	1 227
	9 468	2 168	25 929	14 099	14 353	11 986	10 928

En raison de leur faible écartement, les divers bacs étaient très faiblement éclairés par les lampes des autres pièges et les captures dans les pièges A entre 18 h 30 et 8 h 30 étaient anormalement élevées.

En outre, le piège G_1 capturait, tant durant le jour que pendant la période d'éclairement, un nombre de pucerons beaucoup plus important que le piège G_3 présentant les mêmes caractéristiques et distant seulement de 5 m.

En conséquence, le dispositif des pièges a été modifié le 23 octobre (fig. 9) ; les

pièges étaient distants de 12 m et les heures d'allumage et d'extinction ont été avancées de 25 mn. Les prises nocturnes ont cependant été importantes dans les pièges A_4 et A_1, faibles dans le piège A_3 ; il est à remarquer que la pleine lune a eu lieu le 25 octobre. On peut conclure de ces faits que les gynopares et les mâles sont attirés à la tombée de la nuit par les bacs recevant un éclairement extrêmement faible ; il se pourrait également qu'intervienne l'hygrotropisme.

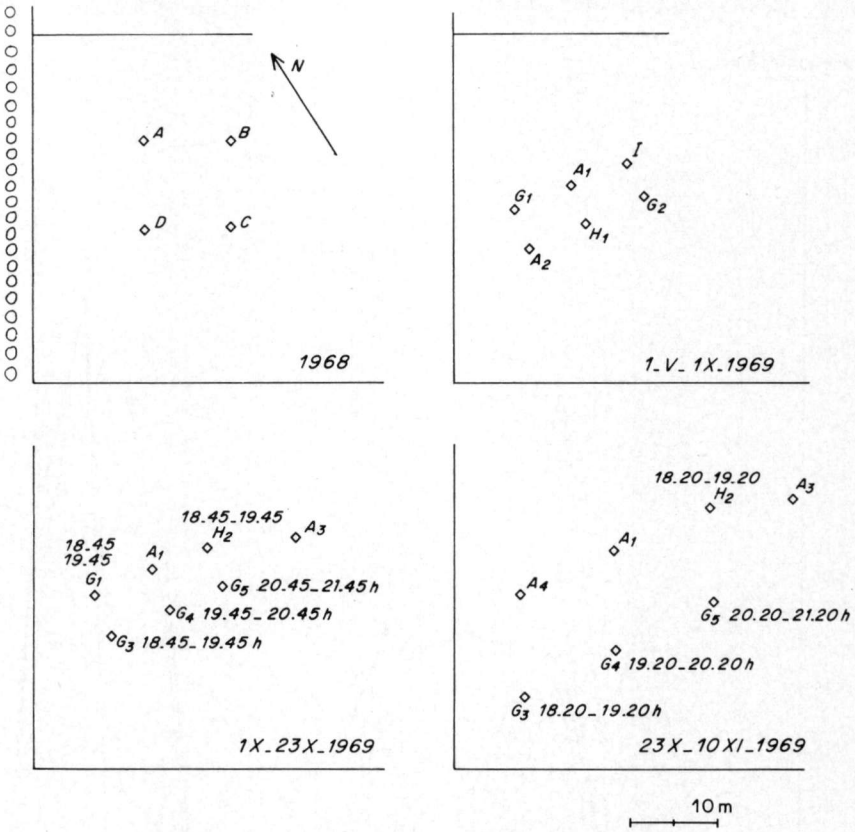


FIG. 9. — *Disposition des divers types de pièges dans la parcelle non cultivée en 1968 du 1er mai au 1er octobre, du 1er octobre au 23 octobre et du 23 octobre au 10 novembre 1969*

Les captures nocturnes (de 17 h 30 à 8 h 30), exprimées en pourcentages par rapport à la moyenne des prises dans le piège A_1, ont été les suivantes :

	A_4	A_1	H_2	G_3	G_4	G_5	A_3
24-31 octobre	189	100	191	260	201	115	5

Différences d'attractivité des pièges suivant leur emplacement

Tous les pièges utilisés en 1969 comprenaient un bac coloré en jaune placé à la même hauteur au-dessus du sol : certains d'entre eux possédaient en outre un dispositif d'éclairage qui pouvait diminuer très faiblement durant le jour l'attrac-

tivité de la couleur jaune. Ces pièges n'étant distants les uns des autres que de 5-7 m (du 1er mai au 23 octobre) ou de 12 m (après le 23 octobre), il semblait logique que les captures diurnes, de 8 h 30 à 18 heures soient à peu près identiques dans les divers pièges.

Il est indiqué ci-dessous le nombre des captures diurnes rapporté à 100 pour le piège A_1 (dont la position n'a été que très faiblement modifiée le 23 octobre), pour les divers types de pièges durant trois périodes : 17 au 30 septembre, 1er au

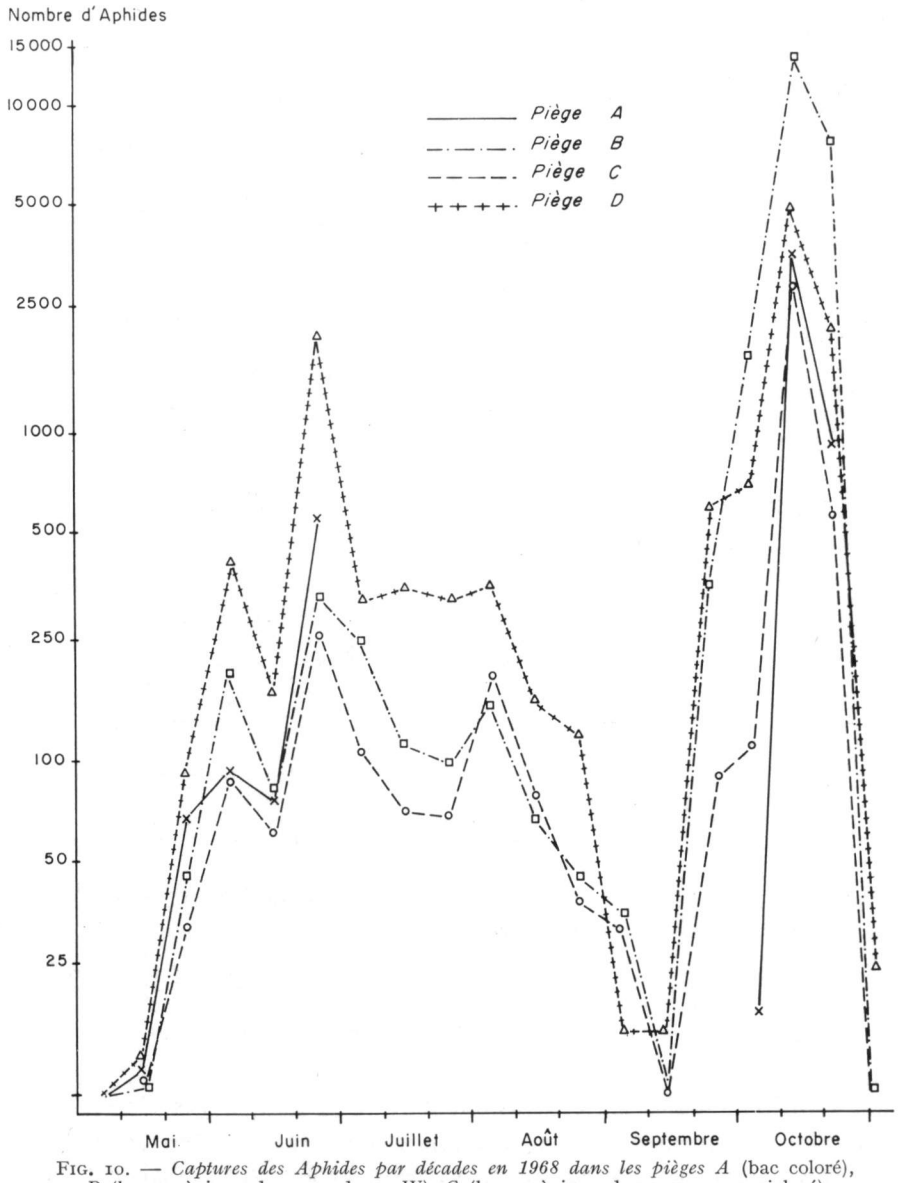


FIG. 10. — *Captures des Aphides par décades en 1968 dans les pièges A* (bac coloré), *B* (lampe à incandescence de 40 W), *C* (lampe à incandescence rouge violacé) *et D* (lampe fluorescente)

10 octobre, 24 au 31 octobre ; dans le tableau, les pièges sont groupés suivant l'emplacement qu'ils occupaient sur le terrain.

		Rangée nord			Rangée sud			
Position des pièges et captures	17-30 sept.	G_1 189	A_1 100	I 110	A_2 107	H_1 105	G_2 135	
	1-10 oct.	G_1 318	A_1 100	H_2 138	G_3 171	G_4 166	G_5 140	
	24-31 Oct.	A_4 218	A_1 100	H_2 67	G_3 264	G_4 110	G_5 100	A_3 22

La direction du vent était relevée à l'emplacement des pièges lors de chaque notation de captures. Durant le mois d'octobre, les vents ont soufflé le plus fréquemment dans la direction sud-est et est et nord-nord-est, cependant, à plusieurs reprises, le vent, toujours faible, a été orienté pendant toute la journée suivant l'un des quatre points cardinaux ; ainsi que nous le verrons page 419, l'orientation du vent a modifié l'importance relative des prises diurnes dans les divers pièges.

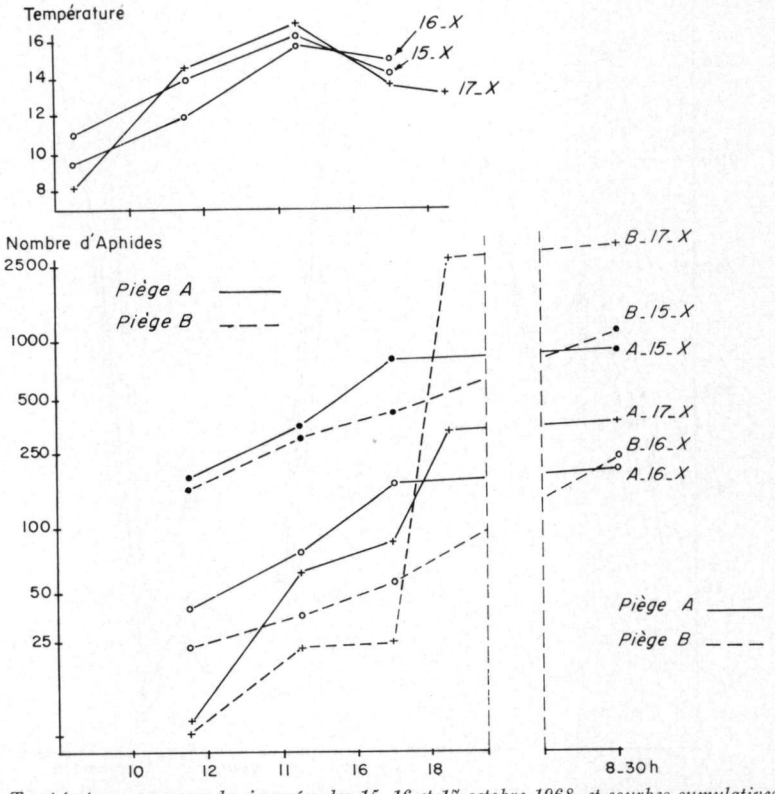


FIG. 11. — *Températures au cours des journées des 15, 16 et 17 octobre 1968, et courbes cumulatives des captures dans les pièges A* (bac coloré) *et B* (bac coloré avec des panneaux et une lampe à incandescence opale de 40 W) *faites à 11 h 30, 14 h 30, 17 et 18 h 30.*

Durant les deux premières périodes d'observations le piège G_1 a été le plus attractif ; en revanche, durant la période du 24 au 31 octobre, c'est le piège G_3 qui a capturé le plus grand nombre d'Aphides ; ce changement semble être attribuable au déplacement de 3 m vers l'ouest du piège G_3 le mettant à la même distance des arbres fruitiers que le piège G_1.

La comparaison des captures nocturnes et diurnes dans les divers pièges durant la période du 24 au 31 octobre montre que les captures ont été relativement plus importantes durant la nuit dans les pièges lumineux H_2, G_4 et G_5 ; en revanche, les prises ont été identiques le jour et la nuit pour le piège G_3 : la lumière attire les Aphides dans un faible rayon et l'odeur émise par la plante-hôte primaire exerce une forte attraction sur les gynopares, et probablement les mâles, tant le jour que la nuit.

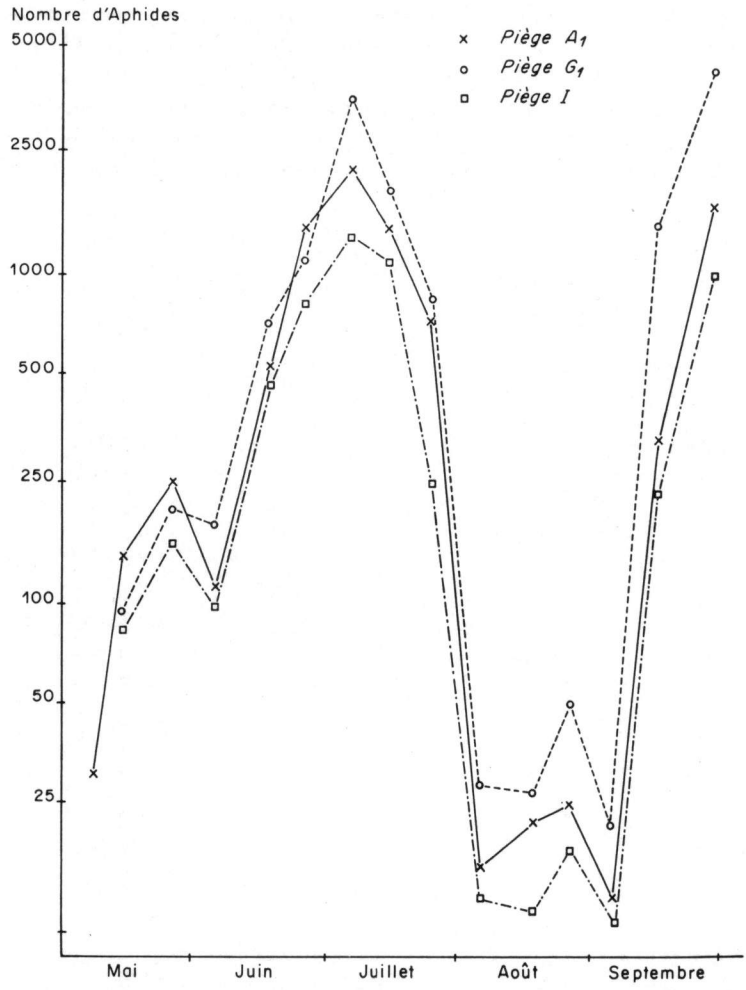


FIG. 12. — *Captures des Aphides par décades du 1er mai au 1er octobre 1969 dans les pièges A* (bac coloré), G_1 (lampe à incandescence) *et I* (lampe à lumière noire)

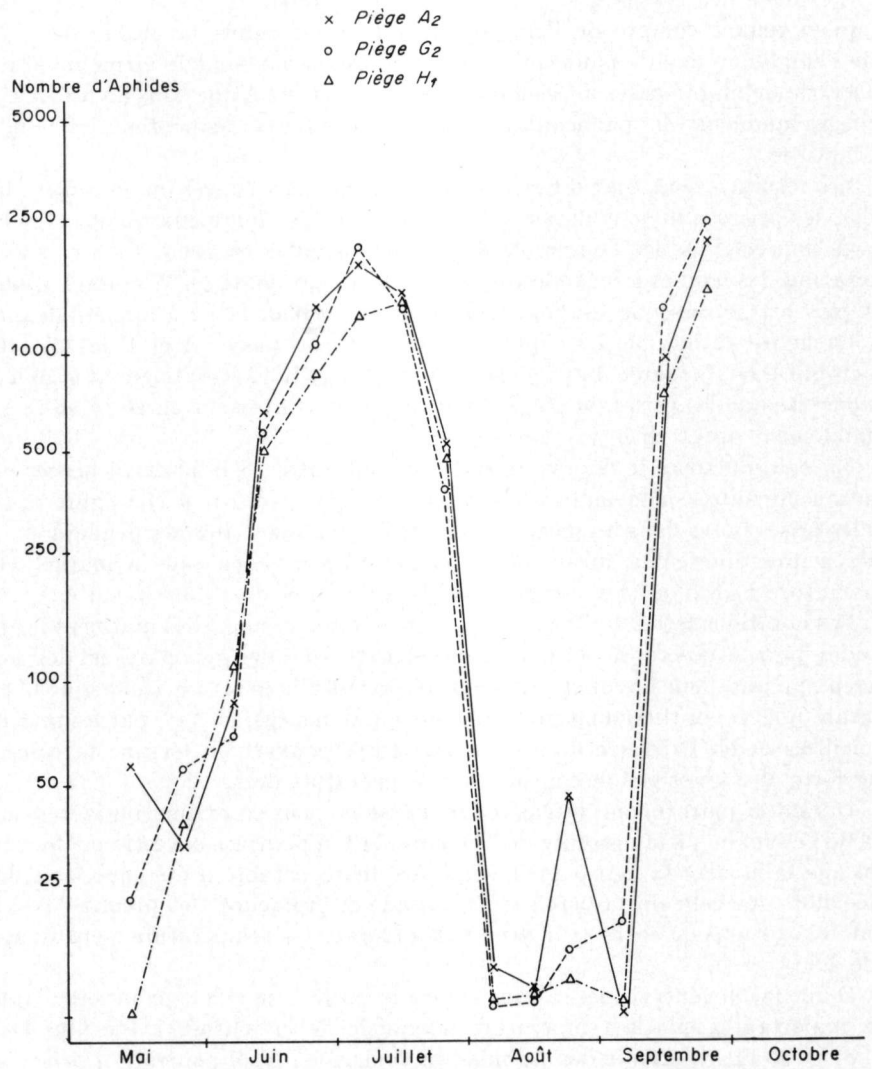


FIG. 13. — *Captures des Aphides par décades du 1er mai au 1er octobre 1969 dans les pièges* A_2 (bac coloré), G_2 (lampe à incandescence) *et H* (fluorescence blanche)

Relations entre l'importance des prises, la température et l'éclairement

L'examen des figures 4 et 7 (1967), 5 et 10 (1968), 6, 12 et 13 (1969) montre qu'en tenant compte de l'emplacement plus ou moins favorable des pièges et de l'emploi ou non de panneaux, il est capturé en moyenne le même nombre de *f. alatae* ou de virginopares ailées dans les pièges du type A que dans les divers types de pièges lumineux ; les panneaux verticaux transparents augmentent les nombres des captures.

Les résultats sont tout différents avec les gynopares ailées ou les mâles ; dans ce cas, les prises sont plus importantes avec les pièges lumineux qu'avec les bacs colorés non éclairés. De l'ensemble des notations faites en 1967, 1968 et 1969, il résulte que les lampes à incandescence blanche de 40 ou de 75 W (pièges B ou G) sont plus attractives que les lampes à fluorescence blanche ou à lumière de 20 W.

La figure 11 indique les captures faites dans les pièges A et B les 15, 16 et 17 octobre 1968, la lampe du piège B s'allumant à 17 h 30 et s'éteignant à 20 h 30 ; on constate que les prises du piège B ont augmenté fortement entre 17 et 18 h 30 et faiblement après 18 h 30.

En octobre 1969, le dernier relevé était fait entre 18 h 30 et 19 heures et la notation suivante le lendemain à 8 h 30, parfois à 7 h 30 et 8 h 30. La figure 14 indique les prises faites dans les pièges G_3, G_4 et G_5 qui étaient allumés pendant 60 mn à des heures différentes, ainsi que la température maximale de la journée et la température à 18 h 30 pour les périodes du 5 au 10 et du 13 au 16 octobre.

Les notations faites à 7 h 30, 8 h 30, 9 h 30 et 11 h 30 par les matinées les plus chaudes du mois d'octobre ont permis de constater que des gynopares ou des mâles peuvent prendre leur envol et être capturés avant 8 h 30 à 11 h 30 lorsque la température relevée au thermomètre-fronde est au moins égale à 11°, par les matinées ensoleillées et en l'absence de rosée ; par temps couvert ou lorsque la rosée est assez forte, il y a très peu de captures à la température de 12-12,5°.

Durant la journée, où l'intensité lumineuse ne peut constituer un facteur limitant de l'envol ou de la descente des Aphides, la température conditionne les prises ainsi que le montre la figure 15. La journée du 10 octobre a été chaude et ensoleillée alors que celle du 11 octobre a été froide et brumeuse ; les premiers Aphides n'ont été capturés qu'entre 11 h 30 et 14 h 30 lorsque la température a été au moins égale à 11°.

D'une façon générale, les captures entre 17 ou 18 h 30 et 8 h 30 ont été d'autant plus importantes que la température maximale de la journée a été plus élevée (fig. 8, 11 et 14). L'arrivée des Aphides au voisinage du sol pourrait, *a priori*, être accélérée par la diminution de l'éclairement et de la température.

Les 6, 7 et 8 octobre 1959, la température maximale durant la journée a été de 26-26,5° ; elle n'a été que de 20 à 22,5° du 13 au 16 octobre ; les captures globales dans les trois pièges ont été les suivantes :

	G3	G4	G5
Période du 6 au octobre	880 (100)	1130 (115)	1160 (118)
13 au 16	630 (100)	443 (73)	334 (53)

Du 6 au 8 octobre, l'atterrissage des Aphides a été plus important entre 20 h 45 et 21 h 45 que de 18 h 45 à 19 h 15 ; au contraire, il a été beaucoup plus élevé de 18 h 45 à 19 h 45 entre le 13 et le 16 octobre ; le coucher du soleil a eu lieu à 18 h 19 le 6 octobre, à 18 h 04, le 13 octobre et les journées du 6 au 8 ou du 13 au 16 octobre ont été ensoleillées en totalité. Par les journées chaudes, les gynopares s'envolent probablement à une plus grande hauteur et descendent plus tardivement que par les journées ensoleillées et froides.

Dans le Kansas, BERRY (1969) a étudié à l'aide du piège à succion de JOHNSON, les déplacements de *R. maidis* et de *S. graminum* entre le 7 juin et le 10 juillet : il a constaté qu'il y a peu d'envols à une température inférieure à 14-15° et que *R. maidis* quitte la plante-hôte à une température plus basse et sous une intensité lumineuse plus faible que *S. graminum*. L'appareil ne permettait pas de séparer les pucerons qui prenaient leur envol de ceux qui revenaient vers le sol. Des captures ont été faites sans interruption de 0 à 24 heures : elles étaient cependant très faibles de 20 à 4 heures.

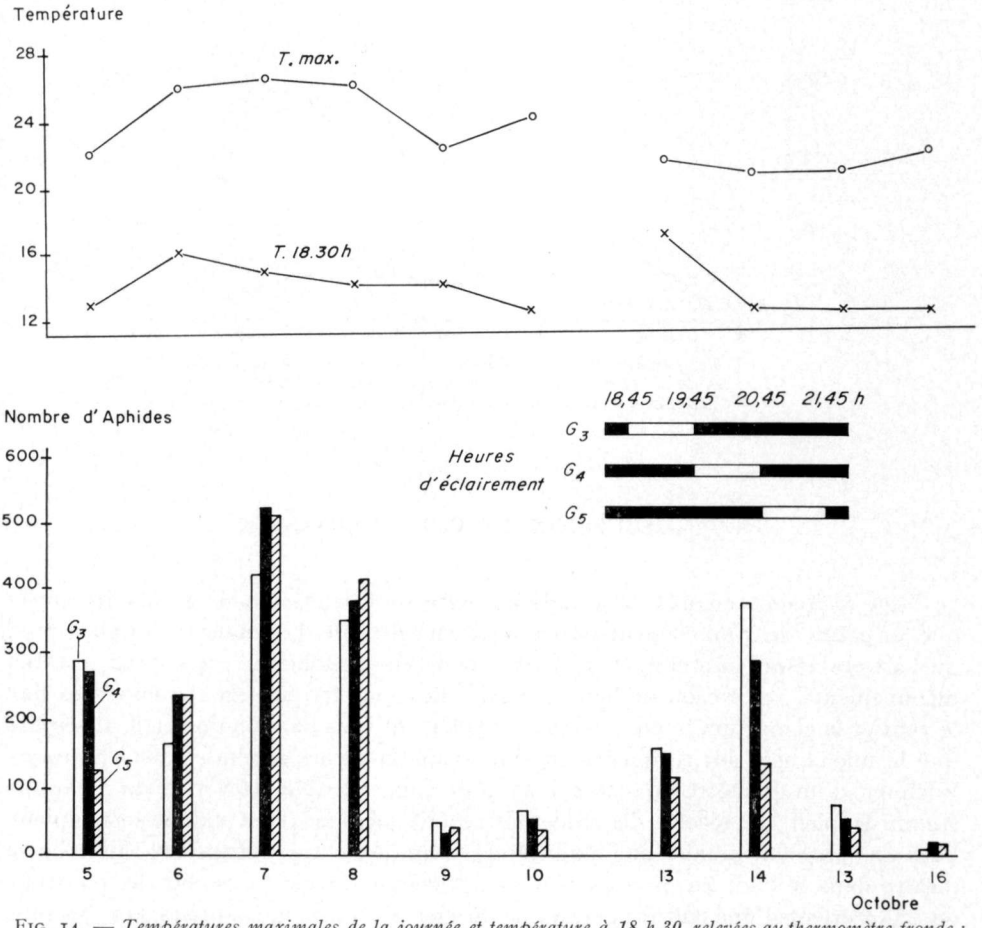


FIG. 14. — *Températures maximales de la journée et température à 18 h 30, relevées au thermomètre-fronde ; captures d'Aphides de 18 h 30 à 8 h 30 dans les pièges G_3, G_4, G_5, s'allumant et s'éteignant successivement entre 18 h 45 et 21 h 45 durant les périodes du 5 au 10 octobre et du 13 au 16 octobre 1969. La nouvelle lune a eu lieu le 11 octobre.*

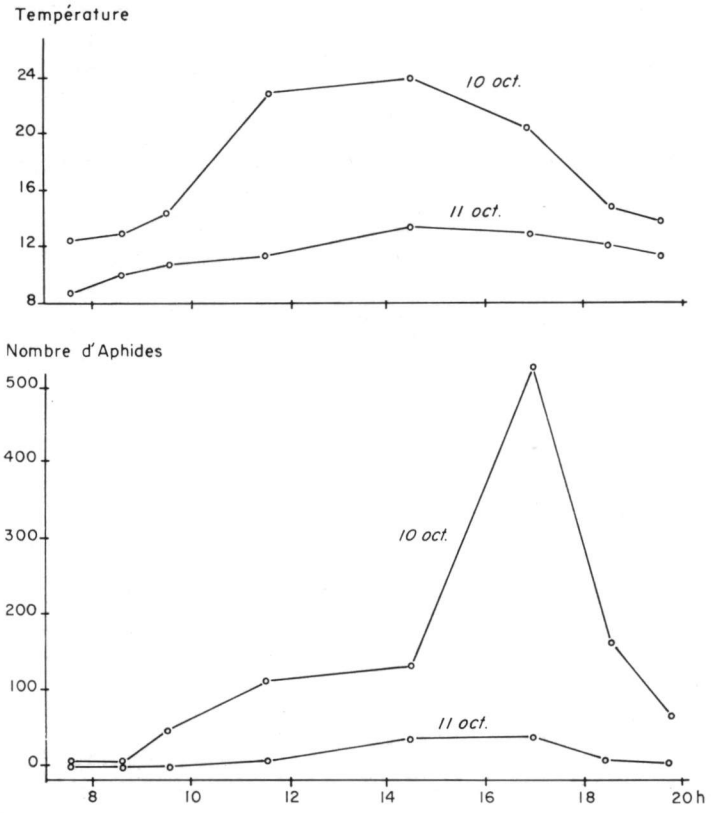


FIG. 15. — *Températures prises au thermomètre-fronde de 7 h 30 à 19 h 30 les 10 et 11 octobre 1969; nombres moyens d'Aphides capturés dans les 6 pièges lors des divers relevés*

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les récipients colorés de grande capacité sont relativement moins attractifs que les petits ; leur maniement est en outre plus difficile. Les assiettes en plastique, qui ont été assez couramment utilisées par divers chercheurs, présentent certains inconvénients : en raison de leur légèreté, elles sont fréquemment renversées par le vent et la coloration jaune s'atténue rapidement sous l'action du soleil. Il semble que le mieux soit des récipients en zinc ayant la forme générale d'un entonnoir Buchner, d'un diamètre de 0,20 à 0,25 m et d'une hauteur de 8 à 10 cm, reposant sur un trépied ; la récolte des pucerons se fait facilement en vidant le récipient dans un entonnoir muni d'une mousseline, ce qui permet de récupérer l'eau et de la mettre dans le bac. La mise en place de plusieurs de ces bacs sur le pourtour ou à l'intérieur d'une culture permet de déceler les zones où les prises sont les plus importantes et éventuellement de modifier la disposition initiale en concentrant les pièges dans les portions de la parcelle recevant le maximum de pucerons.

Des panneaux verticaux transparents fixés sur les pièges colorés augmentent les captures des Aphides par les journées fortement ensoleillées, mais ils les diminuent lorsque le ciel est couvert en atténuant l'attractivité de la couleur jaune ; d'autre part, ils rendent plus malaisés la numération des prises et le nettoyage des bacs.

Les radiations attractives pour les Insectes se situent entre 3 000 Å et 5 200 Å, l'optimum pour beaucoup d'entre eux étant près de l'UV à 3 650 Å, d'où l'intérêt des lampes fluorescentes à lumière noire présentant le maximum d'émission dans la rangée 3 500 à 3 800 Å. Pour quelques espèces, telles que *Protoparce sexta* JOHNSON et *P. quinquemaculata* HAWORTH, une faible densité de pièges à lumière noire a permis de réduire la population de près de 50 p. 100 (STANLEY *et al.*, 1964).

Les expériences mentionnées précédemment ont montré que les lampes à lumière noire (types D, F ou I) ont été, d'une façon générale, plus attractives que les lampes à fluorescence blanche ou à incandescence blanche, principalement pour les Noctuides et quelques espèces de Coléoptères (*A. linearis*).

Il semble que les prises pourraient être fortement augmentées par des modifications apportées aux lampes de ce type : COON (1968) a capturé deux à six fois moins d'Aphides (*Macrosiphum avenae* F., *R. padi*, *R. maidis et S. graminum*) avec une lampe fluorescente à UV ordinaire de 15 W qu'avec une lampe fluorescente de 15 W équipée d'un verre pourpre.

Les bacs ne permettent de capturer qu'une partie des Insectes attirés par les diverses lampes et il est vraisemblable qu'une plus forte proportion d'Insectes pourrait entrer en contact avec un chimiostérilisant si celui-ci était déposé sur un cylindre en matière plastique entourant la lampe disposée verticalement. L'emploi de pièges lumineux et de chimiostérilisant serait plus spécialement intéressant pour les Insectes présentant une protérandrie accusée.

Il semble néanmoins qu'un piège lumineux est insuffisamment attractif ; il sera nécessaire de l'améliorer et de le rendre plus spécifique en le complétant par un stimulus olfactif : appât alimentaire, substance volatile recherchée par l'animal mais non alimentaire, phéromone sexuelle obtenue par la mise en place des Insectes du sexe attractif, ou encore d'un dispositif émettant de façon régulière une phéromone obtenue par synthèse.

Il pourra parfois être possible d'utiliser l'éclairement fourni par des pièges lumineux munis de lampe à fluorescence ou à incandescence pour éviter l'entrée en diapause de quelques Insectes.

La diapause hivernale d'une forte proportion d'Insectes ou d'Acariens est sous la dépendance d'une durée minimale de la scotophase. Divers travaux ont montré que si l'on interrompt cette scotophase par un éclairement de 1 ou 2 heures, et même parfois par un éclair lumineux de 0,000 8 seconde dans un délai déterminé après le début de la scotophase, la diapause ne se produit pas. Ces expériences ont principalement été faites avec des larves de Lépidoptères : *Pieris brassicae* (BUNNING et JOERRENS, 1960), *P. rapae* (BARKER *et al.*, 1964). ANKERSMIT (1968) a réalisé des essais en plein air sur des petits Pommiers avec *Adoxophyes reticulana* HB et a réduit de 80 p. 100 la proportion de larves entrant en diapause par un éclairement de deux minutes. La production des gynopares de *Dysaphis plantaginea* PASS. peut être pratiquement supprimée par un éclairement d'une durée d'une heure, appliqué entre la 8^{e} et la 9^{e} heure après le début de la scotophase (BONNE-

MAISON, 1968). Les Insectes dont la diapause est inhibée poursuivent leur développement et sont tués par le froid.

L'emploi de pièges lumineux dans des conditions très précises pourrait donc avoir une double action : attirer les adultes de quelques espèces nocturnes en vue de leur destruction immédiate ou de la mise en contact avec le chimiostérilisant ; pour d'autres espèces, inhiber l'entrée en diapause par l'action de l'éclairement sur les stades sensibles à la durée de la scotophase.

Les vols importants de gynopares ailés et de mâles ont débuté entre le 20 et le 30 septembre 1967 et 1968, le 18 septembre 1969 et les maximums ont été observés du 9 au 12 octobre 1967, du 12 au 14 octobre 1968, du 7 au 10 octobre 1969. La figure 16 indique les températures moyennes et les précipitations par décades pour les années 1967, 1968 et 1969.

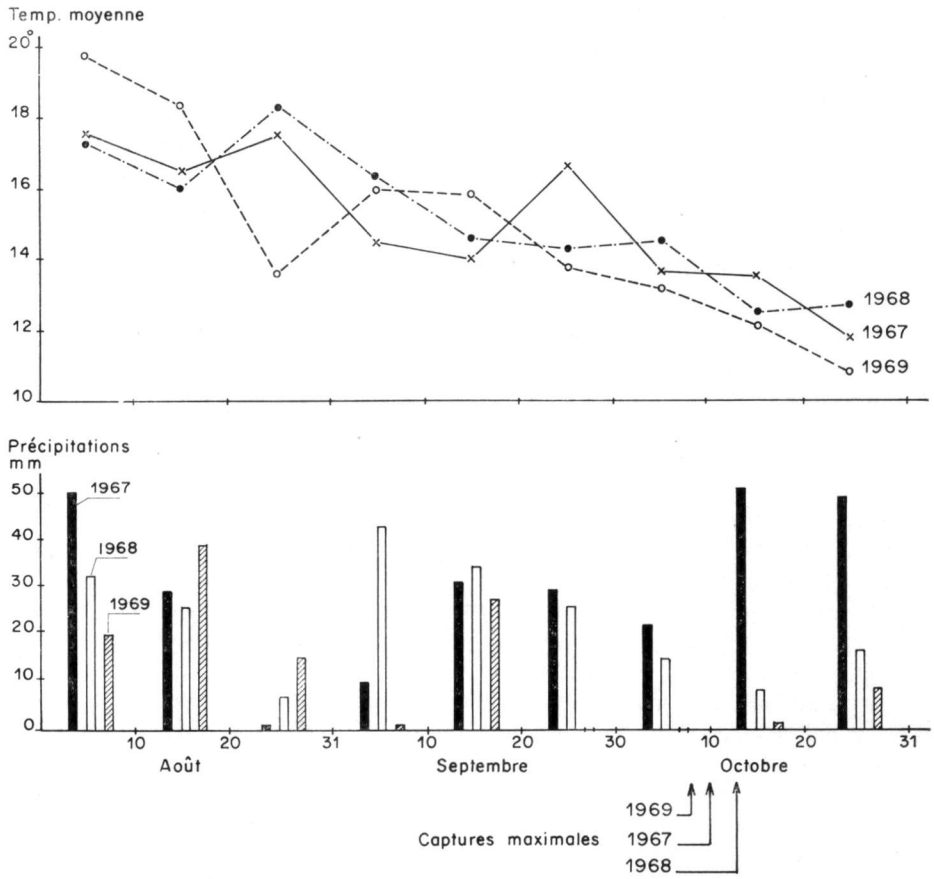


FIG. 16. — *Températures moyennes et précipitations par décades, dates des maximums de vols en 1967, 1968, 1969*

On constate que la température relativement basse de la 3e décade du mois d'août 1969 n'a pas retardé l'apparition des premiers gynopares ; la dernière décade de septembre et la première décade d'octobre 1969 ont été froides et le

de vol a été plus précoce en 1969 de 2 jours par rapport à 1967, et de 4 jours en comparaison avec 1968. Ceci montre l'influence primordiale de la durée de la photopériode sur la production des gynopares.

Bien que les précipitations durant les mois de septembre et d'octobre des trois années aient été très différentes, les captures globales de gynopares et de mâles ont été sensiblement identiques dans les pièges du type A, si l'on tient compte de l'influence de l'emplacement des pièges sur l'importance des prises.

La descente des gynopares et des mâles se produit plus ou moins tôt à la fin de l'après-midi suivant l'intensité de l'éclairement et la température. A la mi-octobre, par temps ensoleillé et lorsque la température est égale ou supérieure à 16° entre 14 et 16 heures, les plus fortes captures horaires sont observées entre 16 h 30 et 18 heures (fig. 8, 11 et 15). Les atterrissages sont encore importants après 18 h 30 si la température à ce moment est de 14° et même inférieure. Le 14 octobre 1969 (fig. 14), la température prise au thermomètre-fronde était de 12° à 18 h 30 et les prises ont été élevées entre 10 h 45 et 21 h 45 (piège G_5). Par temps couvert, les Aphides effectuent vraisemblablement des vols moins importants et, à température égale, ils redescendent vers le sol plus tôt en fin d'après-midi que par une journée ensoleillée. En conséquence, la rémigration des gynopares et des mâles sera d'autant plus limitée dans l'espace que les journées chaudes et ensoleillées seront moins fréquentes en octobre, et plus spécialement durant la deuxième décade d'octobre pour *R. insertum* dans la région parisienne.

Les pucerons volent contre le vent lorsque ce dernier a une vitesse inférieure à 2,5 km/h (KENNEDY, 1950). Durant le mois d'octobre 1969, le vent a soufflé constamment et faiblement pendant 2 ou 3 jours suivant les quatre points cardinaux ; en groupant les captures diurnes faites durant ces journées dans les pièges G_1 et G_3 (du 1 au 23 octobre), A_1 et A_3 (du 23 au 31 octobre) situés à l'ouest et près des pommiers, les pièges A et G_4, H_2 et G_5 placés respectivement au centre et à l'est de l'ensemble (fig. 1 et 9), nous obtenons les proportions suivantes de captures de *R. insertum*.

Direction du vent	G_1 et G_3, ou A_4 et G_3	A_1 et G_4	H_2 et G_5
Nord	184	127	100
Sud	213	116	100
Est	144	117	100
Ouest	230	107	100

Quelle que soit la direction du vent, les captures maximales ont été faites dans les pièges G_1 et G_3 ou A_4 et G_3 et les prises minimales dans les pièges H_2 et G_5. Cependant, les différences ont été les plus accusées quand le vent soufflait de l'ouest ou de l'est. Dans le premier cas, la direction générale des Aphides était totalement orientée vers l'ouest, du fait qu'ils volaient contre le vent et qu'ils percevaient l'odeur émise par les pommiers, plante-hôte primaire de *R. insertum*. Dans le second cas, la répartition des captures était la résultante des deux mêmes

facteurs (vent et odeur) qui agissaient en opposition ; le vent ne soufflant pas en permanence, on peut admettre que l'odeur émise par les Pommiers parvenait par intermittence aux Aphides en cours de déplacement.

Durant les journées où le vent était orienté au nord ou au sud, l'effet antagoniste de ces deux agents étant moins accusé, les prises ont été relativement plus importantes dans les pièges les plus voisins des rangées de pommiers.

Il résulte de ces observations que les gynopares et les mâles parvenant au voisinage du sol se déplacent contre le vent lorsque celui-ci est faible et qu'ils perçoivent les odeurs émises par les pommiers à une distance qui semble être supérieure à une cinquantaine de mètres. Parvenus à une dizaine de mètres de la plante-hôte, ils ne se dirigent pas obligatoirement sur celle-ci ; dans cette zone saturée d'odeurs, ils effectuent des vols irréguliers sur une hauteur de plusieurs mètres avant de se poser sur l'hôte primaire.

Reçu pour publication en février 1970.

SUMMARY

COMPARATIVE TESTS WITH COLORED AND LIGHT TRAPS

For three years on end, different kinds of traps have been tested comparatively. All they include a yellow bright colored pans and for some of them, different light apparatus.

As a general rule, the blacklight fluorescent lamps are more attractive for *Noctuidae* and *Atomaria linearis* than white fluorescent or incandescent lamps.

These traps have allowed to capture *Fundatrigeniae alatae* and winged virginipares belonging to the *Chaitophoridae*, *Callophidae* and *Aphididae* families in number ; captures in trap including a light apparatus have not been significantly more high than for the colored pans alone. Vertical transparent boards arranged at the pan centers increase captures during sunny daytimes and decrease them by thick weather.

Catches of gynoparae and males, in particular *Rhopalosiphum nymphae, padi* and *insertum* have been very important ; white incandescent lamps have been more attractive than white or blacklight fluorescent lamps. *R. insetum* gynoparae are flying against light breeze and seem to discern smells emitted by apple-trees for a superior distance of 50 m.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANKERSMIT G. W., 1968. Photoperiodism as a control agent against *Adoxophyes reticulana* (*Lep. Tortricidae*). *Entomol. Exper. appl.*, **11**, 231-240.

ANKERSMIT G. W., NIEUKERKEN H. D., 1955. De inulved van temperatur en wind op net vliegen van de koolzaadsnuitkever *Ceuthorrhynchus assimilis* PAYK. *Tijdsch. Plantenz.*, **60**, 230-240.

BARKER R. J., COHEN C. F., MAYER A., 1964. Photoflashes as a potential new tool for control of Insect populations. *Science*, **145**, 1195-1197.

BERRY R. E., 1969. Effects of temperature and light on Take-off of *Rhopalosiphum maidis* and *Schizaphis graminum* in the field (*Homoptera : Aphididae*). *J. econ. Entomol.*, **62**, 1176-1177.

BONNEMAISON L., 1957. Le Charançon des siliques (*Ceuthorrhynchus assimilis* PAYK). Biologie et méthodes de lutte. *Ann. Épiphyties*, 387-543.

BONNEMAISON L., 1968. Mode d'action de la scotophase et de la photophase sur la production des gynopares ailés de *Dysaphis plantaginea* PASS. (Homoptères, *Aphididae*). *C. R. Acad. Sci*, **267**, 218-220.

BONNEMAISON L., LYON J.-P., 1968. Remarques sur les modalités des déplacements d'*Atomaria linearis* STEPH. (*Col. Cryptophagidae*). *Ann. Soc. entomol. Fr. N. S.*, **4**, 155-172.

BROADBENT L., 1947. An analysis of captures of *Aphididae* (*Hemiptera*) in a light-trap. *Tran Rs. entomol. Soc. London*, **98**, 475-490.

BROADBENT L., 1948. Aphis migration and the efficiency of the trapping method. *Ann. appl. Biol.*, **35**, 379-394.

BROADBENT L., DONCASTER J.-P., HULL R., WATSON M. A., 1948. Equipment used for trapping and identifying alate aphids. *Proc. R. Entomol. Soc. Lond., A* **23**, 57-58.

BUNNING E., JOERRENS G., 1960. Tagesperiodische antagonistische Schwankungen der Blauviolett und Gelbrot. Empfindlichkeit als Grundlage der photoperiodischen Diapause-Induktion bei *Pieris brassicae*. *Z. Naturforsch.*, **15** *b*, 205-213.

COON B. F., 1968. Aphid trapping with black-light lamps. *J. econ. Entomol.*, **61**, 309-310.

COON B. F., 1968. Aphid vectors of barley yellow dwarf virus in blacklight traps in eastern United States. *J. econ. Entomol.*, **61**, 1279-1282.

COON B. F., RINICKS H. B., 1962. Cereal aphid capture in yellow baffle trays. *J. econ. Entomol.*, **55**, 407-408.

DUDLEY J. E., SEARLES E. M., WEED A., 1928. Pea aphid investigations. *Trans. IV^e int. Congr. Entomol.*, **2**, 608-621.

DUFAY C., 1964. Contribution à l'étude du phototropisme des Lépidoptères Noctuides. *Ann. Sci. Nat. Zool.*, **6**, 281-408.

DEMOLIN G., 1964. Réflexions sur le comportement des Insectes nocturnes soumis à une source lumineuse attractive. Application à une nouvelle technique de piégeage. *Congrès A. F. A. S.*, Rennes, **71**, 15-24.

EASTOP V. P., 1951. Diurnal variation in the aerial density of *Aphididae*. *Proc. R. entomol. Soc., London*, **(A) 26**, 129-134.

EASTOP V. F., 1955. Selection of aphid species by differents kinds of insect traps. *Nature*, Lond., **176**, 936.

EASTOP V. F., 1957. The periodicity of aphid flight in East Africa. *Bull. entomol. Res.*, **48**, 305-310.

FICHT G. A., HIENTON T. E., 1939. Studies of the flight of European corn borer moths to light traps. *J. econ. Entomol.*, **32**, 520-526.

FRITZSCHE R., 1956. Untersuchungen zur Bekämpfung der Rapsschädlinge. IV. Beitrage zur Ökologie und Bekämpfung des Grossen Rapsstengelrüsslers *Ceuthorrhynchus napi* GYLL. *NachrBl. Dtsch. Pflsch-Dienst.*, **10**, 97-105.

FRÖHLICH G., 1956. Methoden zur Bestimmung der Befalls-bzw Bekampfung stermine verschiedener Rapsschädlinge insbesondere des Rapsstengelrüsslers (*Ceuthorrhynchus napi* GYLL.). *NachrBl. Dtsch. PflschDienst*, **10**, 48-53.

FROST S. W., 1958. Insects captured in light traps with and without baffles. *Canad. Entomol.*, **90**, 566-567.

GLICK P. A., GRAHAM H. M., BILLINGSLEY C. H., 1964. Evaluation of a blower attachment for light traps. *J. econ. Entomol.*, **57**, 169-170.

GONZALEZ D., RAWLINS W. A., 1968. Aphid sampling efficiency of Moericke traps affected by height and background. *J. econ. Entomol.*, **61**, 109-114.

HARTSTACK A. W., HOLLINGSWORTH J. P., LINDQUIST D. A., 1968. A technique for measuring trapping efficiency of electric insect traps. *J. econ. Entomol.*, **61**, 546-552.

HEATHCOTE G. D., 1957 *a*. The comparison of yellow cylindrical, flat and water traps and of Johnson suction traps for sampling aphids. *Ann. appl. Biol.*, **45**, 133-139.

HEATHCOTE G. D., 1957 *b*. The optimum size of sticky aphid traps. *Plant. Pathol.*, **6**, 104-107.

HENNEBERRY T. J., HOWLAND A. F., 1966. Response of male cabbage loopers to black-light with or without the presence of the female sex pheromone. *J. econ. Entomol.*, **59**, 623-626.

HENNEBERRY T. J., HOWLAND A. F., WOLF W. W., 1967. Combinations of blacklight and virgin females as attractants to cabbage looper moths. *J. econ. Entomol.*, **60**, 152-156.

HENNEBERRY T. J., HOWLAND A. F., WOLF W. W., 1967. Recovery of released male cabbage looper moths in traps equipped with blacklight lamps and baited with virgin females. *J. econ. Entomol.*, **60**, 532-536.

HERMS W. B., ELLSWORTH J. K., 1934. Field tests on the efficacity of colored light in trapping insect tests. *J. econ. Entomol.*, **27**, 1055-1067.

HOFFMAN J. D., LAWSON F. R., PEAGE B., 1966. Attraction of blacklight traps baited with virgin female Tobacco hornworm moths. *J. econ. Entomol.*, **59**, 809-811.

HOLLINGSWORTH J. P., HARTSTACK A. W., LINDQUIST D. A., 1968. Influence of near-ultraviolet output of attractant lamps on catches of Insects by light traps. *J. econ. Entomol*, **61**, 515-521.

HUGHES R. D., CASIMER M., O'LAUGHLIN G. T., MARTYN F. J., 1964. A survey of aphids flying over Eastern Australia in 1961. *Austral. J. Zool.*, **12**, 174-200.

JOHNSON C. G., 1950. The dispersal of insects by wind. *New Biol.*, **9**, 76-89.

JOHNSON C. G., 1952. The changing numbers of *Aphis fabae* SCOP. flying at crop level in relation to current weather and to the population on the crop. *Ann. Appl. Biol.*, **37**, 80-91.

JOHNSON C. G., 1954. Aphid migration in relation to weather. *Biol. Rev.*, **29**, 87-118.

JOHNSON C. G., TAYLOR L. R., 1957. Periodism and energy summation with special reference to flight rhythms in aphids. *J. Exper. Biol.*, **34**, 67-85.

JOHNSON C. G., TAYLOR L. R., HAINE E., 1957. The analysis and reconstruction of diurnal flight curves in alienicolae of *Aphis fabae* SCOP. *Ann. Appl. Biol.*, **45**, 682-701.

KALOOSTIAN G. H., WOLF W. W., 1968. Attraction of pear psylla to blacklight. *J. econ. Entomol.*, **61**, 145-146.

KENNEDY J. S., 1959. Aphid migration and the spread of plant viruses. *Nature*, **165**, 1024.

KENNEDY J. S., BOOTH C. O., 1963. Free flights of aphids in the laboratory. *J. exper. Biol.*, **40**, 67-85.

KRING J. B., 1967. Alighting of Aphids on colored cards in a flight chamber. *J. econ. Entomol.*, **60**, 1207-1210.

LAWSON F. R., GENTRY C. R., STANLEY J. M., 1966. Experiments on the control of Insect populations with light traps. *Pest Control by chemical, biological genetic and physical means. A Symposium*, 194-202.

LE BERRE J. R., 1969. Les méthodes de piégeage des Invertébrés. « *Problèmes d'Écologie* », *Comité français du Programme biologique international*, Masson édit., 55-96.

MARSHALL G. E., HIENTON T. E., 1935. Light traps for codling moth control. *Agr. Engin*, **16**, 365-368.

MESCH H., 1965. Erfahrungen mit Lichtfallen für den Warndienst. *Beit. Entomol.*, **15**, 139-155.

MESZAROS Z., 1966. A comparison of the *Microlepidoptera* materials collected by normal and UV light traps. *Folia Entomol. Hungarica*, **19**, 109-133.

MOERICKE V., 1950. Ueber den Farbensinn der Pfirsichblattlaus *Myzodes persicae* SULZ. *Z. Tierpsychol.* **7**, 265-274.

MOERICKE V., 1951. Eine Farbfalle zur kontrolle des Fluges von Blättlausen, insbesondere der Pfirsichblattlaus *Myzodes persicae* SULZ. *NachrBl. Dtsch. PflschDienst.*, Stuttgart, **3**, 23-24.

MOERICKE V., 1957. Der Flug von Insekten über pflanzenfreien und pflanzenbewachsenen Flächen. *Zeit. Pflanzenkrankh.*, **64**, 507-514.

MOREAU J.-P., 1963. Contribution à l'étude éthologique de deux espèces d'Oscinies *Oscinella frit* L. et *O. pusilla* MEIG. (*Dipt. Chloropidae*). *C. R. Acad. Sci.*, **256**, 1831-1833.

MÜLLER H. J., UNGER K., 1951. Ueber die Ursachen der unterschiedlischen Resistenz von *Vicia faba* L. gegen über der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* SCOP. *Züchter*, **21**, 1-30, 76-89.

NOLTE H. W., 1959. Untersuchungen zum Farbensehen des Rapsglanzkäfers (*Meligethes aeneus* F.). II. Ergebnisse für die Praxis des Schädlingswarndienstes. *Zeit. Angew. Zool.*, **46**, 11-33.

O'LOUGHLIN G. T., 1963. Aphid trapping in Victoria. I. The seasonal occurrence of aphids in three localities and a comparison of two trapping methods. *Austral. J. Agr. Res.*, **14**, 61-69.

RAO B. S., 1965. A light trap for moths of *Nacoleia diemenalis*. *J. econ. Entomol.*, **58**, 1000-1001.

ROTH M., 1963. Comparaisons de méthodes de capture en écologie entomologique. *Rev. Pathol. vég. Entomol. Agric. Fr.*, **42**, 177-197.

ROTH M., COUTURIER G., 1966. Les plateaux colorés en écologie entomologique. *Ann. Soc. Entomol. Fr.*, **2**, 361-370.

STANLEY J. M., LAWSON F. R., GENTRY C. R., 1964. Area control of tobacco insects with blacklight radiation. *Amer. Assoc. Agric. Engin. Trans.*, **7**, 125-127.

SOUTHWOOD T. R. E., 1966. *Ecological methods with particular reference to the study of Insect populations.* 1 Vol. 391 pp., Methuen and C° London.

TAYLOR L. R., 1963. Analysis of the effect of temperature on Insects in flight. *J. Anim. Ecol.*, **32**, 99-117.

VAIL P. V., HOWLAND A. F., HENNEBERRY T. J., 1968. Seasonal distribution, sex ratios, and mating of female noctuid moths in blacklight trapping studies. *Ann. Entomol. Soc., amer.*, **61**, 405-411.

VERHEIJEN F. J., 1960. The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. *Arch. Neerland. Zool.*, **13**, 1-107.

WILLIAMS C. B., 1936. The influence of moonlight on the activity of certain nocturnal Insects particularly of the family *Noctuidae*, as indicated by a light trap. *Phil. Trans. R. Soc., London, B*, **226**, 357-389.

WILLIAMS C. B., 1948. The Rothamsted light trap. *Proc. R. Entomol. Soc., Lond., A*, **23**, 80-85.

WILLIAMS C. B., 1951. Comparing the efficiency of Insect traps. *Bull. entomol. Res.*, **42**, 513-517.

ZDAREK J., POSPISIL J., 1966. On the photopositive responses of some Insects towards monochromatic lights. *Acta entomol. Bohemoslov.*, **63**, 341-347.

ZETTLER F. W., 1967. Winged Aphid caught on traps in bean fields in central New York. *J. econ. Entomol.*, **60**, 1320-1322.

ZETTLER F. W., LOUIE R., OLSON A. M., 1967. Collections of winged aphids from black sticky traps compared with collections from bean leaves and water-pan traps. *J. econ. Entomol.*, **60**, 242-244.

ANNALES DE ZOOLOGIE-ECOLOGIE ANIMALE

VOL. 2 N°. 3 1970

Nom de l'emprunteur	Emprunté le	remis le

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 423-426

LE CAMPAGNOL DES CHAMPS *MICROTUS ARVALIS* PALLAS DANS LE BRIANÇONNAIS

H. LE LOUARN, F. SPITZ et G. GROLLEAU

Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Le Campagnol des champs, *Microtus arvalis*, découvert lors de l'étude des micromammifères du mélézin, montre certaines particularités morphologiques et physiologiques (poids réduit des cristallins, croissance corporelle, reproduction) qui le séparent nettement d'une souche de la même espèce provenant de l'ouest de la France. Son caryotype est, en première analyse, semblable à celui décrit pour l'espèce ; il est interfécond avec la souche de plaine qui lui a été comparée.

A l'occasion des recherches sur les Micromammifères du Briançonnais objet d'une précédente note (Le Louarn, Spitz, Dassonville 1970) nous avons pu commencer l'étude approfondie d'une population locale du Campagnol des champs *Microtus arvalis*, espèce que nous étudions depuis une dizaine d'années dans l'ouest de la France. Nous nous sommes proposés de comparer certaines caractéristiques biologiques des populations de ces deux régions.

La *morphologie* des représentants de ces deux populations présente quelques différences : les yeux des *arvalis* briançonnais sont relativement plus petits, la longueur relative de la queue est plus faible (moins de 30 p. 100 de la longueur tête-et-corps contre plus de 30 p. 100 pour la plupart des populations de France), le pelage chez les briançonnais a une dominante brun-grisâtre dessus et gris-argent dessous alors que dans les populations de Vendée nous avons des dominantes respectivement brun-jaunâtre et gris-blanchâtre. Pour les autres caractères externes (morphologie de l'oreille et du pied entre autres) ainsi que pour les caractères crâniens on ne constate pas de différence notable en première analyse.

L'*examen caryologique* effectué par notre collègue suisse A. Meylan (comm. pers.) montre un caryotype normal de *Microtus arvalis* avec le nombre diploïde de 46 trouvé par Matthey (1956). Le même caryotype a été trouvé récemment par

MATTHEY chez des Campagnols de provenance voisine (Haute Maurienne ; comm. pers. de F. PETTER). Enfin les expériences d'hybridation, en cours à notre laboratoire, entre la souche briançonnaise et une souche d'*arvalis* originaire de Vendée montrent une parfaite interfertilité.

La *croissance corporelle* a été étudiée en élevage dans les conditions décrites précédemment pour les *M. arvalis* de Vendée par SPITZ (1963 *a*) et pour *Pitymys duodecimcostatus* par LEFÈVRE (1966) ; à âge égal, la longueur tête et corps des briançonnais mâles est toujours un peu plus élevée que celle des Vendéens ; pour les femelles il y a peu de différence ; enfin la taille à *un mois* est chez les deux sexes beaucoup plus élevée pour les animaux de Briançon que pour ceux de Vendée (voir fig. 1).

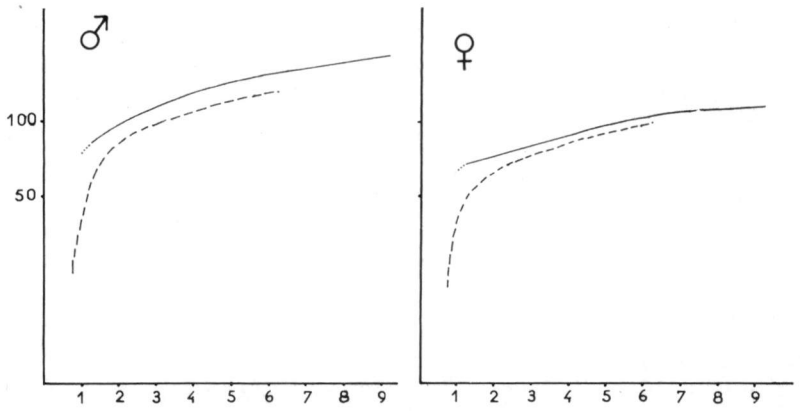


FIG. 1. — *Croissance corporelle en élevage des souches « Vendée »* (tirets) *et « Briançon »* (——)
En abscisse l'âge en mois, en ordonnée la longueur tête et corps (en mm).

L'évolution avec l'âge du *poids du cristallin* a été suivie en élevage selon la méthodologie déjà utilisée par L. MARTINET (1966) pour les *M. arvalis* de Vendée. Le cristallin des individus briançonnais est toujours plus léger, ce qui est en concordance avec l'aspect externe de l'œil. On note de plus que les animaux résultant des croisements entre les deux souches présentent des poids de cristallins intermédiaires (voir fig. 2).

Les potentialités de reproduction des *M. arvalis* de Briançon sont nettement inférieures à celles de toutes populations françaises que nous avons pu étudier (Vendée, Poitou, Champagne, Larzac) : le nombre moyen de petits par portée ne dépasse jamais 4 (mode : 4, moyenne : 4,02), alors qu'en plaine il dépasse 5 pendant 7 mois de l'année et 6 pendant 5 à 6 mois. Par contre on constate dans le Briançonnais une longévité moyenne beaucoup plus grande des campagnols des champs et une saison de reproduction s'étendant pratiquement sur toute l'année. En plaine, la saison de reproduction est le plus souvent de 9 mois (février à octobre), mais localement on peut constater une activité sexuelle continue (prés-salés de Vendée, prairies artificielles du Poitou) (SPITZ, 1963 *b*).

Les *préférendums écologiques* de l'espèce dans le Briançonnais ne s'écartent pas fondamentalement de ceux que nous avons notés dans l'ouest de la France : les campagnols des champs y habitent des formations herbacées continues, du type pelouse

mésophile, soumises à un recouvrement arborescent faible ou nul ; le seul type de forêt occupé est le mélézin subalpin où la transparence du feuillage combinée à l'espacement des arbres dû à l'altitude amène le minimum d'ombrage. Toutefois l'éventail détaillé des milieux occupés semble un peu moins diversifié que ce que nous avons

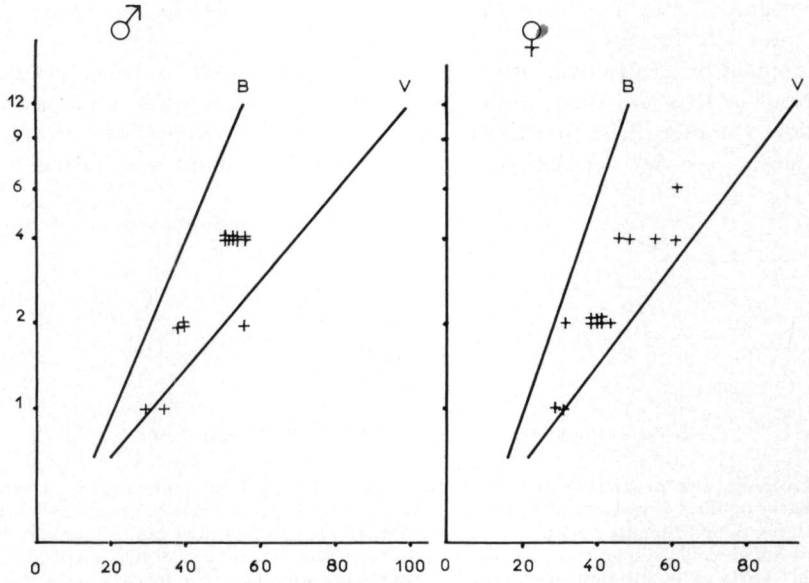


FIG. 2. — *Évolution avec l'âge du poids des cristallins*
B : souche Briançon
V : souche Vendée

En abscisse le poids des cristallins (en 110 de mg) en ordonnée l'âge en mois).
(Les + représentent les animaux résultant du croisement des deux souches.
Les droites représentent la moyenne des variations des poids de cristallins).

observé dans l'Ouest ; ceci pourrait provenir d'une concurrence effective avec les autres campagnols (*Clethrionomys glareolus, Pitymys multiplex, Microtus nivalis*) alors que dans l'Ouest il n'y a pas d'espèces concurrente notable sauf, très localement, *Microtus agrestis* ou *Clethrionomys glareolus*. En zone alpine l'*arvalis* briançonnais atteint de très hautes altitudes (2 800 m) et DOUHERET (1968) a trouvé des animaux comparables à 3 000 m en Vanoise.

En résumé il existe dans les montagnes du Briançonnais (Hautes-Alpes) une population de *Microtus arvalis* qui se distingue des populations de plaine de la même espèce (surtout celle de Vendée que nous connaissons bien) par un bon nombre de caractères ; parmi ceux-ci on peut distinguer des traits probablement dus à l'action immédiate du milieu montagnard : ainsi les particularités de la croissance en nature (sous l'effet direct de l'alimentation végétale). D'autres traits, par contre, semblent traduire une différenciation fondamentale de cette population ; ainsi la petitesse des yeux (et du cristallin), la vitesse du croissance dans le premier mois de la vie, le nombre de petits par portée, et secondairement les caractères relevés dans la morphologie externe (pelage et queue). Si nous suivions l'exemple de certains systématiciens qui n'hésitent pas à dénommer de nouvelles unités taxonomiques sur la base de carac-

tères ténus relevé sur un nombre restreint de spécimens, il serait justifié de distinguer cette population au niveau subspécifique. On peut déjà la séparer d'*Arvalis rufescentefuscus* (SCHINZ) d'après les caractères relevés par DOTTRENS (1962) sur des individus pris au Parc national suisse. Mais en réalité il faudrait pouvoir effectuer la comparraison avec d'autres populations alpestres sur l'*ensemble* des caractères biométriques et physiologiques cités plus haut. Or, ce n'est pas encore possible, vu le manque de données dans la littérature.

La population de *Microtus arvalis* du Briançonnais est-elle isolée géographiquement ? Nous ne le pensons pas, car si elle est absente au-dessous de 1 400 m dans le bassin de la Durance, il est, par contre, probable qu'elle se trouve en continuité vers le nord-ouest avec des populations de basse altitude occupant le bassin de l'Isère.

Reçu pour publication en juillet 1970.

SUMMARY

MICROTUS ARVALIS PALLAS IN THE BRIANÇONNAIS

In the mountains around Briançon (Hautes-Alpes) can be found populations of *Microtus arvalis* clearly distinct from lowland populations collected in western France. Principal characters of these alpine population are : smaller eyes (and lighter eye lens), smaller tail, pelage grey-brown above and silver-grey below, very rapid body-growth in the first month of life, small litter-size. Alpine and lowland population are perfectly interfertile and F_1 show intermediate values of eye-lens weight. The biotops of « Briançon » vole are not very distinct from that of other populations : all kinds of grassy covers with a few or no tree . The susbalpine larch forest is the only type of forest occupied there by the species. *Microtus arvalis* near Briançon shows many intersting problems of interaction or competition with three other voles (*Clethrionomys glareolus*, *Microtus nivalis*, *Pitymys multiplex*), whereas it has almost no competitor in western France.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DOTTRENS E., 1962. *Microtus nivalis* et *Microtus arvalis du* Parc national Suisse. *Rés. rech. entreprise au Parc national Suisse*, **7**, 331-352.

DOLLHERET J., 1968. *Première étude sur les macromammifères du Parc national de la Vanoise.* Rapport de stage, 39 p., fig., cartes.

LEFÈVRE Ch., 1966. Étude de la croissance en élevage de *Pitymys duodecimcostatus de Selys-Longchamps* originaires du Gard. *Mamm.*, **30**, 56-63.

LE LOUARN H., SPITZ F., DASSONVILLE B., 1970. Répartition écologique des Rongeurs dans les forêts de la région de Briançon (Hautes-Alpes). *Ann. Zool.-Ecol. anim.*

MARTINEZ L., 1966. Détermination de l'âge chez le Campagnol des Champs (*Microtus arvalis* PALLAS) par pesée du cristallin. *Mamm.*, **30**, 425-430.

MATTEY R., 1956. Cytologie chromosomique comparée et systématique des Muridés. *Mamm.* **20**, 93-123.

SPITZ F., 1963. Croissance en élevage de la longueur tête et corps chez le Campagnol des champs (*Microtus arvalis* PALLAS) de Saint-Michel-en-l'Hern (Vendée). *Mamm.*, **27**, 111-118.

SPITZ F., 1963 *b*. Les fluctuations de population chez *Microtus arvalis* PALLAS dans les polders de la baie de l'Aiguillon (Vendée). *C.R. Acad. Sc. Paris*, **257**, 3491-3494.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 427-432.

RÉPARTITION ÉCOLOGIQUE DES RONGEURS DANS LES FORÊTS DE LA RÉGION DE BRIANÇON (HAUTES ALPES)

H. LE LOUARN, F. SPITZ et B. DASSONVILLE

Laboratoire des Petits Vertébrés,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique

RÉSUMÉ

Des piégeages en lignes standard dans les différentes formations végétales du Briançonnais nous ont permis d'établir les préférences écologiques des différentes espèces de rongeurs rencontrées. Il est à noter l'abondance du Lérot, *Eliomys quercinus*, dans tous les boisements, et la présence du campagnol des champs, *Microtus arvalis*, espèce de milieu ouvert, dans le mélézin subalpin.

Dans le cadre d'une action de lutte biologique contre la Tordeuse du Mélèze soutenue par la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique, notre laboratoire s'est vu confier l'étude de l'ensemble des vertébrés prédateurs possibles de cet insecte défoliateur. Dans un premier temps (1967 à 1969) nous avons tenté d'effectuer une analyse détaillée du peuplement en Micromammifères et Oiseaux des divers types de forêt existant dans le Briançonnais. Parmi les Micromammifères, seuls les *Rongeurs* sont apparus assez régulièrement dans nos échantillonnages pour faire l'objet de l'analyse qui suit.

La région de Briançon est typique de la zone interne des Alpes sous influence méditerranéenne, tant par le climat, sec et ensoleillé, que par les caractères de la végétation : absence des formations et des essences aimant la fraîcheur et l'humidité (hêtraie, pessière), limite altitudinale très élevée de la végétation arborescente (2 400 m pour le mélèze, 2 500 m pour le Pin Arolle) (Cadel et Gilot, 1963 ; Ozenda, 1966). Sur le terrain nous avons échantillonné les populations de micromammifères suivant la technique des lignes de pièges qui permet aussi le relevé de la végétation (Le Louarn, 1968). Chaque ligne, longue de 150 à 300 m, placée au hasard dans le sous-bois, comportait tous les 3 m un piège (en alternance un piège de type I. N. R. A. (Aubry, 1 959) et un type de piège C. N. R. S. Le long de chaque ligne était effectué un relevé de la *physionomie* de la végétation et du substrat : on distinguait ainsi

3 types de végétation herbacée, 4 types d'arbrisseaux, etc. Les captures étaient relevées dans les pièges trois matins de suite (72 heures de piégeage au total pour une ligne). De 1967 à 1969 nous avons ainsi placé 20 000 m de lignes, représentant 20 000 journées-pièges.

Les relevés botaniques ont permis de distinguer plus d'une centaine de biotopes définis chacun par la combinaison d'un certain type de substrat, de végétation herbacée, de végétation ligneuse basse, et bien entendu de végétation arborescente. Pour chacun des biotopes nous connaissons la longueur de ligne qui l'a traversé et le nombre de captures de chaque espèce qui y ont été effectuées. Les nombres de captures sont ramenés à des valeurs comparables entre elles en calculant l'indice suivant :

$I = \frac{N}{L \times T} \times 10^5$ où N est le nombre de captures d'une espèce obtenue sur une certaine longueur de ligne (en mètres), L cette longueur de ligne, T le nombre total de captures de l'espèce.

En résumé, dans chaque type de forêt, l'abondance de chaque espèce dans chaque biotope est caractérisée par une certaine valeur de I. L'examen de toutes les valeurs de I observées jusqu'à présent montre que les valeurs inférieures à 1 caractérisent, pour toute espèce, des biotopes peu ou pas fréquentés, et les valeurs supérieures à 20 les biotopes très importants pour l'espèce.

Pour l'étude de leur peuplement en Rongeurs, nous avons classé les forêts en 8 types dont 4 dans l'étage montagnard (1 000 à 1 700 m environ) et 4 dans l'étage subalpin (1 700 m environ à 2 400 m).

A. — ÉTAGE MONTAGNARD

La forêt de Pinus sylvestris

Bien représentée en adret, cette formation abrite un couvert herbacé généralement discontinu ; des peuplements de Raisin d'Ours, *Arctostaphylos uva-ursi*, couvrent environ 35 p. 100 du sol ; enfin les arbustes feuillus ou résineux sont bien repré-

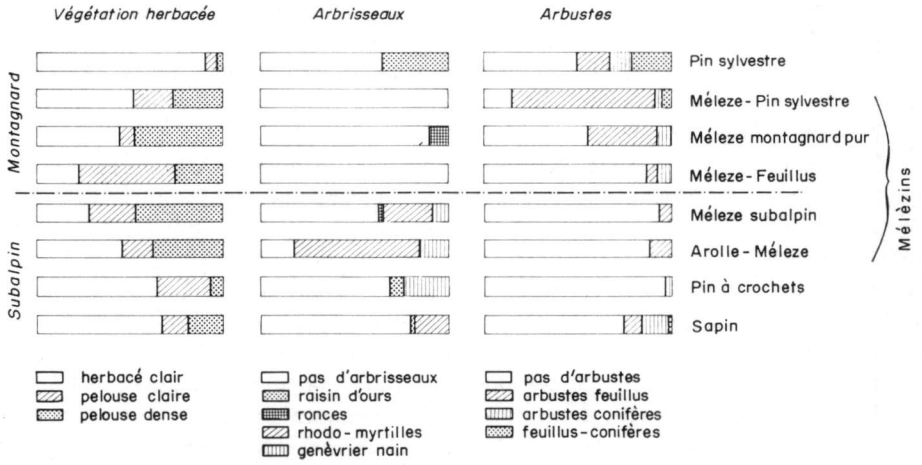


FIG. 1. — *Physionomie de la végétation et du substrat des différents types de forêts*

sentés (50 p. 100 de la surface totale). Le Lérot, *Eliomys quercinus* est abondamment représenté surtout s'il existe des arbustes feuillus et des rochers mais les deux autres espèces présentes, le Mulot, *Apodemus sylvaticus*, et le Campagnol roux, *Clethrionomys glareolus*, sont très peu fréquentes.

La forêt de Larix decidua *et* Pinus sylvestris

Cette formation occupe des situations intermédiaires entre celle convenant à la Pinède pure (sol sec, pierreux, exposition sud) et celle convenant au Mélézin pur (sol frais, exposition nord). Les pelouses y sont relativement importantes (50 p. 100 de la surface), les arbrisseaux quasi absents, les arbustes feuillus très abondants (80 p. 100 de la surface). Le Lérot y est très fréquent. Le Campagnol de Fatio, *Pitymys multiplex*, y est localisé à quelques secteurs de pelouse dense parsemée d'arbustes. Le Campagnol roux est assez fréquent, surtout en présence de rochers et en absence de pelouse vraie. Le Campagnol des neiges, *Microtus nivalis*, occupe les zones de gros rochers. Le mulot est également fréquent en absence de rochers et de pelouses.

La forêt de Larix decidua

On retrouve dans ce type de forêt une forte proportion de pelouses denses (50 p. 100 de la surface) ; les arbrisseaux sont représentés par quelques Ronciers, les arbustes sont moyennement abondants (43 p. 100 de la surface). Le Lérot y est fréquent mais évite les pelouses denses et les ronces. Le Campagnol de Fatio est très localisé. Le Campagnol roux est assez communément rencontré partout sauf dans les pelouses étendues sans arbustes ni rochers. Le Mulot est particulièrement abondant mais évite comme l'espèce précédente les grandes surfaces de pelouse sans arbustes.

La forêt de Larix decidua *et feuillus*

Cette formation se situe souvent à la lisière inférieure du Mélézin, sur des sols frais convenant au Tremble. La formation herbacée dominante est la pelouse claire ; les arbrisseaux sont absents les arbustes rares. Le statut du Lérot nous y est inconnu car aucun piégeage avec pièges C. N. R. S. n'y a été fait. Le Campagnol roux est très peu fréquent. Le Mulot est la seule espèce relativement abondante.

B. — ÉTAGE SUBALPIN

La forêt de Larix decidua

Faisant suite en altitude au Mélézin montagnard, cette formation se caractérise par l'importance des pelouses (plus de 70 p. 100 de la surface) ; les Myrtilles et Rhododendrons, souvent mélangés. couvrent plus du quart de la surface, les Genévriers nains près de 10 p. 100 ; les arbustes feuillus sont très peu fréquents. Comme dans le cas des forêts de Mélèzes et feuillus nous ne connaissons pas le statut quantitatif du Lérot dans ce milieu. Le Campagnol roux abonde dans les peuplements herbacés

clairsemés, et surtout en présence de Rhododendrons ou de rochers. Le Campagnol de Fatio occupe les pelouses avec ou sans arbustes feuillus, ou avec genévriers nains, mais évite les Rhododendrons. Le Campagnol des champs (*Microtus arvalis*) évite pierrailles et rochers mais recherche tous les arbrisseaux et pelouses. C'est le seul type de forêt où on le trouve. Enfin le Mulot, peu fréquent, est trouvé principalement dans une végétation herbacée claire et sans arbrisseaux.

La forêt de Pinus cembra *et* Larix decidua

Quoique couvrant une surface importante, ce type de forêt est localisé à certains ubacs très frais, principalement dans les vallées au sud-est de Briançon. Les pelouses sont moins abondantes que dans le Mélézin pur mais les arbrisseaux couvrent de très grandes surfaces (16 p. 100 en Genévrier nain et 66 p. 100 en Rhododendron!) ; des formations d'Aunes verts et de Sorbiers occupent 16 p. 100 du terrain. Le Lérot y est nettement moins fréquent que dans les autres types de forêt, et occupe des milieux variés pourvu qu'ils soient sans arbustes. Le Campagnol roux est extrêmement abondant, sans doute grâce à la fréquence des Rhododendrons ; il évite seulement les genévriers nains et les petites pierrailles nues. Les Campagnol de Fatio a tendance à se localiser parcimonieusement dans les rhododendraies. Le Campagnol des neiges habite les amas de grosses roches avec ou sans rhododendrons. Le Mulot est faiblement représenté sans préférence bien nette pour un milieu.

La forêt de Pinus uncinata

Couvrant de vastes surfaces sous la plupart des expositions, mais principalement au-dessus des Pinèdes sylvestres, cette formation montre peu de pelouses (et surtout des pelouses claires) ; le Genévrier nain est l'arbrisseau le plus fréquent (23 p. 100 de la surface totale) alors que le Raisin d'Ours couvre moins de 10 p. 100 ; il n'y a pratiquement pas d'arbustes. Le Lérot est très abondant et semble seulement éviter les pelouses claires sans arbrisseaux. Le Campagnol roux est localisé à quelques zones rocailleuses. Le Mulot est extrêmement clairsemé.

*La forêt d'*Abies alba

Il existe en Briançonnais quelques forêts de ce type, parfois mêlées de Mélèze, ou de Pin à crochets, exceptionnellement d'Épicéa. Les pelouses y sont peu étendues (30 p. 100 de la surface) ; les arbrisseaux moyennement fréquents (18 p. 100 en Rhododendrons ou Myrtilles) ; les arbustes sont mieux représentés que dans les autres forêts subalpines (près de 10 p. 100 en feuillus, près de 15 p. 100 en jeunes plants de sapin). Le Lérot y a été trouvé abondant, évitant seulement quelques zones de pelouse dense. Le Campagnol roux est peu fréquent, sauf dans quelques secteurs à Rhododendrons ou rocailles. Le Campagnol de Fatio y est exceptionnel. Le Campagnol des neiges existe dans certaines rocailles. Le Mulot est rare et semble préférer les pelouses sans arbrisseaux mais garnies d'arbustes.

En conclusion, ces premiers résultats montrent la grande complexité du peuplement des forêts briançonnaises en Micromammifères ; on en retiendra l'abondance générale du Lérot, surtout dans la forêt de Pin à crochets très pauvre en autres espèces,

le jeu des préférences écologiques amène des situations remarquables telle la cohabitation du Campagnol roux et du Campagnol des neiges dans de gros éboulis sous forêt, ou la présence du Campagnol des champs, typique des milieux découverts, dans un biotope forestier.

TABLEAU I

	Boisements	Espèces					
		Eliomys quercinus	*Clethrionomys glareolus*	*Pitymys multiplex*	*Microtus arvalis*	*Microtus nivalis*	*Apodemus sylvaticus*
Étage montagnard 1 000-1 700 m	*Larix decidua* et feuillus		1,5	2,3	0	0	11
	Pinus sylvestris	12	1,1	0	0	0	2,6
	Larix decidua et *Pinus sylvestris*	42	24,5	50	0	84	10
	Larix decidua	23,5	14	54	0	0	28
Étage subalpin 1 700-2 400 m	*Larix decidua*	—	12	14	10,6	0	8
	Larix decidua et *Pinus cembra*	5,7	23,2	6,4	0	10	2,5
	Pinus uncinata	34	1	0	0	0	3,2
	Abies alba	17,5	7	5,7	0	5,7	3,2

Indice de présence des Rongeurs $I = \frac{N}{L \times T} \times 10$/ suivant chaque type de forêt.

Les indices pour le Lérot sont inconnus dans les boisements de mélèzes et feuillus et de mélèze subalpin.

Reçu pour publication en juillet 1970.

SUMMARY

ECOLOGICAL DISTRIBUTION OF SMALL MAMMALS IN THE FORESTS OF BRIANÇON AREA

An ecological study of the populations of small mammals was conducted since 1966 in the mountains around Briançon (Hautes-Alpes) .This area is characterized by an intra-alpine climate : dry atmosphère, large diurnal and annual temperature amplitude. Our studies have been made especially in forest, between 1 000 and 2 300 m. Additionnal trapping was made in open biotops to 2 800 m.

Our standard method is a trap line, with traps 3 meters apart, of at least 150 m in length. Experimentation with marked and relased individuals gave us conversion coefficients to pass from a number of catches on 100 meters of line to a population density.

In the present paper, ecological affinities of the species are studied, by excluding the density parameter, through the following indice :

$$I = \frac{N}{L \times T} \times 10^5$$

where N is the number of catches of a given species on the length L of line (in meters) corresponding to a given biotop, and T the total number of catches of the given species for all our trappings. Values of I below 1 characterize for all species the biotops less frequented, and values above 20 the biotops very important for them.

Each biotop is defined by a certain value of five parameters : substrat (rock or not), herb, shrub, small trees, high trees.

Eight great type of forest are considered here, among which four in the montane zone (1 000 to 1 700 m) and four in the subalpine zone (1 700 to 2 400 m) (see fig. 1).

Table 1 gives the general indices obtained for each mammal in each forest type. At a more detailed level, interesting negative of positive affinities appear : *Eliomys quercinus* prefers scarce herbs (especially with rocks), with or without small trees but is antagonistic to Rhododendrons and dense grassland. *Clethrionomys glareolus* has its optimum in a Rhododendron-Rock complex, is yet well present in all scarce herbaceous covers ; its affinities to grassland and shrubs differ in Larch- and Pine-like forests. *Microtus nivalis* is absolutely linked with rocks. *Microtus arvalis* is present only in subalpine Larch forest where it prefers grasslands with or without low shrubs (*Juniperus*, Ericacees) but it is repulsed by dense small trees and scarce herbaceous cover. *Pitymys multiplex* seems to be absent from pure Pine forests ; in the other forests its optimum is the dense grassland with small deciduous trees ; other grasslands are well populated ; rocks and strawberries are unfavourable. *Apodemus sylvaticus* shows something like an altitudinal gradient ; it has great populations in montane zone and is absolutely absent above tree line. It prefers everywhere scarce herbaceous cover with of without small deciduous, but is repulsed by dense grasslands without trees and large plots of rocks.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AUBRY J., Deux pièges pour la capture de petits Rongeurs vivants. *Mamm.*, 14, 174-177.

CADEL G., GILOT J.-Cl., 1963. Feuille de Briançon. *Doc. pour.la carte de végétation des Alpes*, 1, 91-140.

LE LOUARN H., 1968. Premiers résultats d'une étude sur les Micromammifères et les Oiseaux dans le Mélézin du Briançonnais. *La Terre et la Vie*, (3), 327-342.

OZENDA P., 1966. Perspectives nouvelles pour l'étude phytographique des Alpes du Sud. *Doc. pour la carte des Alpes*, 4, 198 p + cartes h.-texte.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 433-450.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

L'ATTRACTION SEXUELLE CHEZ LES INSECTES : DONNÉES BIOLOGIQUES GÉNÉRALES ET POSSIBILITÉS D'APPLICATION DES PHÉROMONES SEXUELLES

R. RAHN

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie,
École nationale supérieure agronomique,
Centre de Recherches de Rennes
Institut national de la Recherche agronomique

La rencontre des partenaires sexuels physiologiquement aptes à la copulation n'est pas, dans les conditions naturelles, liée au hasard. Bien au contraire, la quête sexuelle implique chez les insectes la mise en œuvre de mécanismes émetteurs-récepteurs permettant un échange d'informations à distance. Ces moyens de reconnaissance présentent une grande valeur écologique. Ils sont en effet, à de très rares exceptions près, strictement intraspécifiques et permettent un repérage précis d'individus disséminés dans le milieu parfois à de très faibles densités. Les mécanismes de communication à distance sont fondés sur des phénomènes d'ordre phonotaxique, électromagnétique et, plus généralement, chimiotaxique. Chez les espèces inféodées aux plantes d'une famille botanique précise, ils ne peuvent parfois être mis en œuvre que si le milieu présente les conditions nécessaires au développement des jeunes.

Nous proposons dans cet article une analyse bibliographique des travaux consacrés à l'attraction sexuelle, afin de dégager les apports que l'on peut en attendre, aussi bien dans le domaine de la biologie que dans celui des applications.

I. — LES MANIFESTATIONS DE L'ATTRACTIVITÉ SEXUELLE

A. — *Nature de cette attractivité*

Les trois types de communication cités n'ont pas donné lieu à des travaux scientifiques de même importance. L'idée de l'étude des applications de la physique aux phénomènes biologiques émise par Busnel (1948) a permis de nombreuses recherches sur les Orthoptères de même que sur les Vertébrés. La théorie électromagnétique de Laitwaithe (1960) reprise par Callahan (1964) est encore relativement récente, donc peu étudiée. Par contre, les investigations relatives aux liens chimiques intraspécifiques concernant les insectes permettent d'envisager de nombreuses utilisations. Ce dernier type de communication, mieux connu chez les insectes de l'ordre des Lépidoptères fait l'objet principal de ce travail.

a) *Repérage et attractivité par voie acoustique.*

Les émissions acoustiques et les types de comportement qui leur sont liés ont été particulièrement étudiés chez les Orthoptères. Ces insectes possèdent généralement des organes vibratoires et des tympans très spécialisés. Chez les Acridiens, les mâles recherchent activement les femelles, à l'aide de signaux acoustiques (BUSNEL, 1954). Il en est ainsi par exemple chez l'Éphippiger, (BUSNEL *et al.*, 1956) et chez le Grillon (ALEXANDER, 1961). M. C. BUSNEL (1954) a défini différents chants du mâle d'*Oecanthus pellucens* SCOP, liés à différents comportements : chant de cour, chant de « warning » (1) et chant qualifié « d'indifférent ». En fait R. G. et M. C. BUSNEL (1954) prouvent expérimentalement que ce dernier est un chant de quête sexuelle dont la signification n'était pas toujours apparente du fait de la sensibilité seulement momentanée des femelles. D'autres insectes utilisent également ce moyen d'attraction, les Hémiptères *Corixidae* et les Homotères, les cigales par exemple (LESTON. SHALLER *in* FRINGS, FRINGS, 1958). Des émissions acoustiques ont pu être décelées chez des Pucerons. Ce mode de communication pourrait être assez répandu mais il reste mal connu du fait des difficultés de captage relatives à certaines espèces.

Certains Lépidoptères *Noctuidae* (*Agrotis ypsilon*, *Drasteria* sp., *A. C. nigrum*) étudiés par ROEDER et TREAT (1961) sont également dotés de tympans. Dans ce cas cependant ces organes ne servent pas à une communication intraspécifique. Ces auteurs ont montré qu'il s'agit de détecteurs d'ultrasons sensibles aux émissions des chauves-souris auxquelles ces insectes peuvent alors échapper. P. BELTON (1962) émet l'idée d'une protection des cultures de maïs fondée sur ce type de comportement dans le cas *d'Ostrinia nubilis* HBN. (*Lepid. Pyralididae*).

b) *La théorie des variations électromagnétiques.*

Selon cette théorie, émise par LAITHWAITE en 1960 et reprise par CALLAHAN en 1964, les insectes pourraient se repérer à l'aide de l'identification précise des rayonnements qu'ils émettent, principalement des infrarouges. LAITHWAITE compare la structure des antennes des Lépidoptères mâles à celle de certains types de radars dont l'écart des éléments est fonction de la longueur d'onde à capter. Un calcul relatif aux antennes bipectinées des Lépidoptères lui montre que celles-ci pourraient opérer dans le domaine des infrarouges émis par les corps chauds. Si les expériences de cet auteur n'aboutissent pas à des conclusions définitives, elles montrent cependant que la seule théorie de l'olfaction ne peut dans tous les cas expliquer l'attraction chez les insectes : la reconnaissance à distance peut être le fait d'un mécanisme de nature électromagnétique. En 1961 LAITHWAITE précise ses idées, montrant mathématiquement en prenant pour hypothèse l'émission d'un rayonnement correspondant à 0,1 p. 100 du pouvoir musculaire des insectes, une possibilité de perception à une distance de l'ordre de 900 mètres!

Ce qui est frappant, c'est que CALLAHAN démontre l'existence chez les insectes nocturnes, de moyens de détection assimilables aux nouvelles méthodes d'étude des rayons infrarouges par les physiciens. Ceux-ci procèdent en effet soit à l'aide de phénomènes de résonance (système de spectromètre à grille), soit par des phénomènes de nature optique (système de monochromateur à infrarouges) (2).

CALLAHAN stimule différentes espèces de *Noctuidae* et de *Sphingidae* par des lumières de basse intensité. Les insectes réagissant, en l'absence d'odeurs, par des mouvements des antennes, de la trompe et de l'ovipositeur ; il émet alors l'hypothèse d'une réponse en relation avec une portion du spectre électromagnétique.

Étudiant plus particulièrement la Noctuelle de la Tomate, *Heliothis zea* BODDIE et le Sphinx *Lapara coniferarum* qui peuvent élever la température de leur corps au-dessus de la température ambiante, l'auteur arrive à la conclusion que la portion d'infrarouge du paramètre thermique de ces Lépidoptères est située dans la zone de 8 à 10 μ. D'autre part, traitant les principaux types

(1) Le chant qualifié de « warning » est celui qu'émet un mâle lorsqu'un autre mâle pénètre sur son territoire.

(2) Nous remercions ici M. LANGOUET de la Faculté des Sciences de Rennes pour les renseignements qu'il nous a aimablement communiqués.

d'épines des antennes en tant que cavités résonnantes, il trouve que celles-ci se mettent en résonance à des fréquences de 34,8 ; 50 ; 125 et 250 × 19^{12} Hertz (1), ce qui correspond à des longueurs d'onde de 8,6 ; 6 ; 2,3 et 1,37 μ respectivement. Une telle configuration du champ de résonance de l'infrarouge permettrait l'identification de la totalité des radiations émises par les papillons, de même que celles des plantes-hôtes.

De plus, chez la Noctuelle de la Tomate, les yeux adaptés à la vision nocturne permettent une mesure optique du rayonnement électromagnétique dans le domaine de l'infrarouge. Ils pourraient fonctionner comme radar capable de repérer les « points chauds » des radiations de l'I.R. se détachant sur le fond de fraîcheur de la nuit. Rappelant le mécanisme de la vision, CALLAHAN se fonde sur le fait que pendant la nuit, le cône cristallin qui fonctionne comme une lentille est revêtu d'un pigment. Celui-ci correspond au 1/4 de la longueur d'onde théorique de l'émission en infrarouge de la Noctuelle dans la région de 8,6 à 10 μ. Or, pour opérer dans le champ de l'infrarouge avec une lentille, il serait nécessaire de la garnir d'un diélectrique antiréflexion du quart de la longueur d'onde considérée.

Expérimentalement des rayons infrarouges focalisés sur les antennes ou les yeux déclenchent chez les adultes des vols variés et des postures de comportement sexuel.

Il y aurait donc possibilité, chez certains insectes nocturnes, d'un mode de communication uniquement fondé sur des phénomènes de nature physique. Cette explication rejoint d'ailleurs une idée de WRIGHT (1963) pour expliquer l'action des substances chimiques détectées par les insectes. Cependant GRIFFITH (1968) reprenant les travaux de CALLAHAN émet certaines réserves. Pour cet auteur, seuls les renseignements concernant la température et l'humidité sont effectivement perçus par la voie des rayonnements infrarouges.

c) *L'attraction par voie chimique.*

FABRE à la fin du siècle passé expérimente déjà à l'aide de trois Lépidoptères, le Grand Paon de nuit, *Saturnia pyri* SHIFF., le Petit Paon, *Attacus pavonia minor* L. et le Bombyx du Chêne, *Lasiocampa quercus* L. Plus récemment, JACOBSON (1965,) traite des attractifs chimiques sexuels dans un ouvrage général. Il y donne une liste fort longue d'insectes de différents ordres chez lesquels ces phénomènes d'attractivité sexuelle ont été mis en évidence. Depuis cette liste s'est considérablement allongée, de nombreuses études paraissent régulièrement sur le sujet. Les substances volatiles en jeu sont désignées par le terme général de phéromones sexuelles, suite à la définition proposée par KARLSON, LUSHER (1959) : les « phéromones » sont des substances qui, émises par un individu, sont reçues par un individu de même espèce, sur lequel elles provoquent une réaction spécifique, par exemple un comportement précis ou encore un processus de développement. Dans le domaine des séquences du comportement précopulatoire, cette définition est parfois gênante. Elle désigne en effet les substances actives à longues distances, lors de la quête sexuelle et celles échangées par contact direct entre les individus lors du comportement de cour. Les phéromones sexuelles peuvent être émises, selon les espèces, par l'un quelconque des partenaires. Dans la majorité des cas étudiés, c'est la femelle qui se révèle attractive. Parfois des substances chimiques en rapport avec l'alimentation sont rattachées aux phéromones. Elles ont pour résultat d'attirer et de concentrer les individus des deux sexes sur les végétaux, ce qui facilite les rencontres. Ces substances sont connues chez les Coléoptères Scolytidae où VITE (1965) et SILVESTEIN *et al.* (1966) les ont bien étudiées. D'autres auteurs ne considèrent pas ces substances comme des phéromones sexuelles mais les désignent par le terme « d'assembling scent » comme JACOBSON (1966).

B. — *L'attraction des mâles par les femelles*

Nous traiterons principalement des Lépidoptères, bien que ce mode d'attraction des mâles par les femelles ne soit pas seulement connu chez eux. C'est cependant chez ces derniers qu'il a été le plus souvent signalé. En 1965 il était possible de relever 199 cas connus chez ceux-ci contre

(1) 1 cycle = Herts ; 1 méga mégacycle = 10^{12} Hertz.

seulement 17 chez les Coléoptères, 17 chez les Hyménoptères, 10 chez les Orthoptères, 4 chez les Diptères et 2 chez les Isoptères.

a) *Élaboration de la phéromone sexuelle.*

Reprenant la classification d'URBHAN (1913), GÖTZ en 1951 distingue différents types de glandes débouchant au niveau des membranes intersegmentaires de l'extrémité de l'abdomen et permettant l'élaboration de la diffusion de phéromone sexuelle chez les Lépidoptères.

La zone odoriférante mobile.

Elle correspond à une plage de la dernière membrane intersegmentaire, plage qui est exposée par élongation de l'abdomen ; *Phalera bucephala* L. présente un champ odoriférant de ce type.

Les bourrelets en anneaux dévaginables.

Ils sont de plus grande surface, la membrane sécrétrice forme un pli s'enfonçant au repos dans le corps mais elle peut être extériorisée par un afflux de sang. Ces plis sont connus dans le genre *Cuculia*, *C. verbasci* L. et *C. argentae* HUFN., par exemple. Ce bourrelet annulaire peut être partiellement ou complètement fermé.

Les membranes odoriférantes dorsales et ventrales.

L'hypoderme sécréteur est fortement plissé. La glande dorsale se prolonge en s'amenuisant sur les côtés. C'est le cas de nombreux *Lymantriidae*, par exemple *Porthesia similis* EMESSL., *Dasychira selenitica* E. et P. et *Orgya gonostigma* F. Les femelles vierges réalisent l'émission des phéromones sexuelles par des mouvements de va-et-vient de l'ovipositeur amenant des étirements et des contractions répétés de cette glande.

Parfois ce type de glande est disposé ventralement, par exemple chez *Plodia interpunctella* HH.

Les sacs odoriférants intersegmentaires.

Il s'agit de véritables poches dévaginables. Ces poches peuvent être uniques, par exemple chez *Saturnia pavonia* L. ou doubles, comme chez *Bombyx mori* L. et chez *Korscheltellus* (*Hepialus*) *lupulinus*.

Les « Glandulae odoriferae ».

Dans ce cas, les glandes sécrétrices pénètrent profondément le 8e segment communiquant à l'extérieur par de fins canaux. Lors de l'appel des mâles, l'extension de l'ovipositeur provoque un élargissement de ces canaux en entonnoir, ce qui favorise la diffusion de la phéromone sexuelle. Ces *glandulae* se trouvent chez des genres très variés (*Vanessa*, *Zygaena*, *Acronycta*).

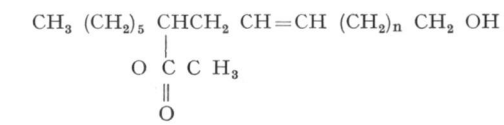
HAMMAD et JARCZYK, *in* JACOBSON, 1965, décrivent chez la femelle de *Prodenia litura*, déprédateur du coton, un organe particulier placé sur le 9e segment abdominal. Il s'agit de touffes d'écailles modifiées ayant à leur base des cellules glandulaires.

Généralement, comme le décrivent ADEESAN *et al.* (1969) chez *Phthorimea operculella*, les cellules épithéliales de la membrane intersegmentaire de la région glandulaire sont modifiées en cellules volumineuses, serrées les unes contre les autres et munies d'un noyau volumineux.

b) *Caractères chimiques des substances attractives.*

Les phéromones sexuelles isolées, identifiées puis synthétisées possèdent d'après WILSON (1963) 10 à 18 atomes de Carbone et ont un poids moléculaire compris entre 180 et 300.

Dans le cas de *Porthetria dispar* les travaux de JACOBSON *et al.*, permettent l'identification de la phéromone (1960). Il s'agit d'un *d*-10-acétoxy-*cis* 7-hexadecène-1-ol., de formule :



L'isomère *trans* est inactif, dans le produit naturel $n = 5$. WRITH (1963) signale qu'il est possible d'obtenir un produit de synthèse plus attractif si $n = 7$ (Kegyplure), mais à $n = 9$ le produit devient sans effet. Il en est de même si le groupe « acétoxy » $O{-}C{-}CH_3$ est remplacé par un groupe « protoxy » ou « butoxy ».
$\|$
O

BUTENANDT (1961 et 1962) identifie la phéromone sexuelle de *Bombyx mori*. Il s'agit du 10-12 hexadécadiène 1-ol appelé « Bombikol » et de formule :

$$CH_3\ (CH_2)\ \underset{\text{cis}}{CH{=}CHCH{=}CH}(CH_2)_8\ CH_2\ OH \quad \text{(trans)}$$

Les doubles liaisons des positions 10 et 12, respectivement *trans et cis* peuvent être inversées dans un composé synthétique sans que celui-ci perde son attractivité : mais si les deux double-liaisons sont du même type, l'efficacité du produit disparaît.

ROELOFS et ARN (1968) étudient la phéromone sexuelle d'*Argyrotaenia velutinana* WALKER, Lépid. *Tortricidae* déprédateur des vergers d'Amérique du Nord. C'est un *cis* -11-tétradécényl acétate de formule.

$$CH_3\ CH_2{-}\underset{H}{C}{=}\underset{H}{C}{-}(CH_2)_{10}{-}O{-}\underset{O}{C}{-}CH_3$$

Dans ce cas encore, le composé *trans* se révèle inactif au laboratoire et n'attire aucun mâle dans les vergers.

Les phéromones sexuelles identifiées chez divers insectes sont des corps chimiques très divers. Ce caractère les oppose nettement aux autres groupes de substances biologiques comme les acides nucléiques, les hormones, les pigments respiratoires... et rend leur étude plus difficile.

c) *Facteurs contrôlant l'émission des phéromones.*

Les phéromones sexuelles sont exceptionnellement émises passivement. STEINBRECHT (1964) constate qu'une femelle de *Bombyx mori* L. peut être attractive lors des derniers jours de vie nymphale. Dans la majorité des cas, l'émission est sous la dépendance d'un contrôle nerveux et endocrinien. BOUHNIOL et FRONT-BOURGOIN (1962 et 1964) mettent en évidence le rôle du système nerveux dans l'émission de phéromone chez *B. mori*. L'ablation des ganglions cérébroïdes ou plus simplement leur déconnexion, supprime le comportement d'appel de la femelle. Cependant, la dévagination artificielle des sacs odoriférants rétablit l'attractivité. De même, l'ablation du ganglion terminal empêche la protrusion de ces glandes. ENGELMANN (1960 et 1968) suggère le rôle de la *pars intercerebralis* sur la réceptivité sexuelle chez *Leucophae maderae* (*Blattidae*), la destruction de cette région du cerveau par électrocautérisation éliminant tout comportement sexuel.

Le rôle des *corpora allata* a été mis en évidence, particulièrement par BARTH (1961 et 1965) sur des femelles vierges de *Byrsotria fumigata* GUERIN (*Blattidae*). Les femelles adultes de 10 à 30 jours deviennent attractives et le restent ensuite. La suppression des *corpora allata* après la mue imaginale abaisse nettement le taux des femelles appelantes. Lorsque les expériences d'allatectomie sont suivies d'implantation de *corpora allata*, le nombre des femelles attractives augmente. Il n'est pas prouvé que cette action stimulatrice des *corpora allata* soit directe ; il y aurait peut-être intervention hormonale par l'intermédiaire des ovaires.

d) *Évolution du pouvoir attractif.*

L'âge auquel l'attractivité sexuelle se manifeste chez les insectes est variable selon les espèces. L'attraction sexuelle s'instaure ordinairement dès les premiers jours de la vie d'adulte. C'est le cas des Lépidoptères qui sont pourvus d'un stock d'œufs mûrs ou très proches de la maturité dès la mue imaginale. *Bombyx mori* L. et *Orgya antiqua* L. s'accouplent très tôt. Les femelles de *Synanthedon pictipes* GROTE (*Aegeridae*) sont attractives dès que leurs ailes sont étalées et durcies (CLEVELAND, MURDOCK, 1964). Il en est de même pour la Sésie du Groseillier *Synanthedon tipuli-*

formis CLERK. Dans la famille des *Cossidae*, les *Cossus* s'accouplent rapidement. D'autres Lépidoptères ont besoin de un ou plusieurs jours pour manifester leur activité sexuelle. La femelle du Sphinx du Tabac, *Phlegethontius sextus* JOHAN ne devient appelante qu'après deux nuits. Dans la majorité des cas, il semble que l'attractivité des femelles vierges soit plus forte au cours des premiers jours de vie et décroisse avec l'âge. Les femelles des Lépidoptères restent cependant attractives tant qu'elles n'ont pas été fécondées. L'émission de la phéromone peut être considérablement retardée dans le cas des insectes présentant une diapause. Ainsi, les femelles de la dernière génération de la Teigne du Poireau, *Acrolepia assectella* ZELLER, apparaissent à la fin du mois de septembre et au début du mois d'octobre, alors que les conditions extérieures pourraient permettre une activité sexuelle ; en fait, elles ne deviennent attractives qu'au mois d'avril suivant (RAHN, 1968).

e) *Comportement lié aux phéromones.*

Dans le cas de l'attractivité à distance à l'aide de phéromones sexuelles, la femelle appelante reste sur place à un point précis. Elle retrousse l'extrémité de son abdomen entre ses ailes ou encore l'étire au maximum vers l'arrière, dégageant ainsi les zones glandulaires élaboratrices de phéromones. Les molécules libérées diffusent dans l'atmosphère, forment un gradient régulier d'odeur ou sont véhiculées par le vent. Les battements ou vibrations d'ailes n'interviennent guère à ce moment mais plus généralement lorsqu'un mâle arrive à proximité : c'est le cas de *Korscheltellus lupulinus* par exemple.

Les mâles présentent une quête active. Lorsqu'ils sont sexuellement mûrs ils se livrent — toujours aux mêmes heures — à la recherche de leur partenaire. Pour cela ils volent en remontant les vents faibles. Si ceux-ci augmentent de vitesse, le comportement des insectes est modifié. Le vol des mâles, toujours orienté dans la direction des vents change régulièrement de sens. Une phase de déplacement dans le sens du vent alterne avec une phase bien plus courte au cours de laquelle le mâle remonte une partie du chemin parcouru. C'est au cours de cette seconde séquence de vol que s'effectue la quête sexuelle proprement dite. Globalement il est possible de conclure à une simple dérive, mais ce n'est pas le cas ; des observations ont pu être faites sur *Orgyia antiqua* L. (LAITHWAITE, 1961) et sur *Acrolepia assectalla* Z. (RAHN, non publié). Lorsqu'ils pénètrent ainsi dans le gradient d'odeurs d'une femelle, ils remontent facilement à la source émettrice. Des expériences menées avec des mâles marqués ont prouvé qu'il était possible de capturer au piège sexuel des mâles libérés à partir de distances variées pouvant atteindre plusieurs kilomètres (FABRE, 1904 ; PORTIER, 1949 ; DUFAY, 1957).

Ceci, vérifié chez de nombreux Lépidoptères, démontre seulement la puissance de vol de ces insectes. Il est inexact de vouloir attribuer un tel rayon d'action à la phéromone (jusqu'à 10 km). En fait, la zone d'attractivité réelle de la femelle est très difficile à préciser : elle dépend de l'insecte et des conditions climatiques, principalement le vent. Lorsque la vitesse du vent augmente les phénomènes de dilution et de turbulence réduisent considérablement la zone d'attractivité des femelles. LAITHWAITE (1960), exposant la théorie olfactive dans le but d'en montrer l'insuffisance, figure le gradient d'odeurs émises par la femelle. Dans une atmosphère immobile il s'agit d'une sphère ou d'une hémisphère dont la femelle émettrice figure le centre. S'il y a du vent ce type de gradient tend vers un volume semi-ovoïde dont la femelle occupe le voisinage d'une extrémité. WILSON et BOSSERT (*in* WILSON, 1963) précisent, en fonction de la vitesse du vent, la forme et les dimensions de l'espace ellipsoïdal figurant la zone d'attractivité de la femelle de *Porthetria dispar*. Pour un vent soufflant à la vitesse de 100 m/s, son grand axe dépasse 4 500 m, la largeur maximale atteignant 400 m. Pour une vitesse de 300 m/s ces dimensions sont respectivement 2 400 m et 250 m ; ces données se réduisant à 1 800 et à 180 m pour une élévation de la vitesse du vent à 500 m/s.

C. — *Conclusion*

Des messages de nature vibratoire mais de longueurs d'ondes différentes permettent donc à des individus de même espèce de se repérer et de s'identifier. Ces codes s'intègrent aux données

patrimoniques des individus. L'utilisation de ces messages par l'homme, soit pour une protection plus rationnelle des cultures contre leurs déprédateurs, soit pour une connaissance plus approfondie de la biologie de ces derniers a reçu un début d'application. L'emploi de cris enregistrés s'est révélé possible dans le cas d'orthoptères (BUSNEL *et al.*, 1956) et sur un tout autre plan dans le cas des Vertébrés (expérimentation acoustique) (R. G. BUSNEL, GIBAN, 1958 ; GIBAN, 1961). ACREE (1969) expérimente les ultrasons sur les Lépidoptères à tympans dans le but d'étudier une nouvelle méthode de protection des cultures. La théorie électromagnétique, trop récente et donc pas assez étudiée, ne semble pas encore avoir fait l'objet d'application ; GRIFFITH (1969) semble même la contester.

L'exploitation des messages de nature chimique se pratique vis-à-vis d'insectes de plus en plus nombreux, principalement à l'aide du piège sexuel. C'est cette utilisation que nous étudions chez les Lépidoptères. Le piégeage sexuel se prête à des études d'écologie ainsi qu'à la mise au point de nouvelles méthodes de lutte.

II. — LES APPORTS AUX ÉTUDES BIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES

A. — *Données relatives à l'insecte lui-même*

a) *Précision du cycle biologique.*

Dans le cas d'insectes polyvoltins à nombre de générations variable selon les conditions climatiques, il est généralement facile d'observer les derniers vols annuels. Par contre, la détection des manifestations des premiers adultes, au printemps, peut facilement échapper aux contrôles classiques. Le piégeage sexuel des mâles se révèle un indicateur très sensible de la présence des insectes, même s'ils sont en petit nombre. Dans le Bordelais, CHABOUSSOU et CARLES (1962) MAISON et PARCADE (1967) puis TOUZEAU (1969) étudient ainsi les différents vols d'Eudemis. En Hollande MINKS (1969) suit les vols d'*Adoxophyes*. Dans l'ouest de la France il nous a été possible de préciser le cycle biologique de la Teigne du Poireau par un piégeage continu dans les cultures d'Alliacées (RAHN, 1966).

b) *Mise en évidence de l'hétérogénéité du pouvoir attractif des femelles.*

Même chez les espèces réputées très attractives, des phénomènes d'hétérogénéité sont mis en évidence. CLEVELAND et MURDOCK (1964) isolent dans des pièges des femelles de *Synanthedon pictipes* (CROTE et ROBINSON) Lépidopt. *Aegeridae* et ne trouvent que 59 p. 100 de femelles appelantes.

De même, nous avons mis ce caractère en évidence chez la Teigne du Poireau *Acrolepia assectella* Z. (RAHN et LABEYRIE, 1967). Cette variation peut avoir un rôle important sur l'évolution qualitative et quantitative de la population (LABEYRIE, 1968). Du point de vue expérimental, cette hétérogénéité commande d'éviter la sélection chez les insectes en élevage ainsi que l'utilisation de femelles uniques dans les pièges.

c) *Étude des rythmes d'activité sexuelle.*

Le rythme saisonnier.

Le piégeage sexuel continu d'une espèce permet de connaître son rythme de reproduction au cours de l'année. Pratiqué sur les insectes cités, particulièrement chez les Tordeuses de la Vigne, des Arbres fruitiers... il traduit en fait les vols de différentes générations, l'activité sexuelle se réalisant dès le début de la vie des insectes adultes, sauf dans le cas des insectes entrant en diapause.

Le rythme quotidien.

L'activité sexuelle des insectes peut être précisée dans le nycthémère à l'aide d'un piège

sexuel particulier dont le modèle a été mis au point par Götz (1949). Le principe en est simple : les mâles s'engluent sur un disque mobile sur son axe (1 tour en 24 heures) et dont la portion exposée correspond à un angle de 15° (360°/24) au-dessus duquel sont placées les femelles vierges. Le disque, mû par un mouvement d'horlogerie est mis à l'heure. Les corps des mâles englués au cours de leur quête sexuelle en matérialisent le moment. Ce dispositif est particulièrement intéressant pour l'étude d'insectes nocturnes. Götz a étudié différentes Tordeuses de la Vigne et nous avons suivi les rythmes sexuels chez la Teigne du Poireau active de 22 h 30 à 0 h 30 au cours du 3e vol. Les insectes présentent une nette régularité dans leur activité sexuelle. Au cours d'une même période, ils se recherchent toujours aux mêmes heures. Cependant, en fonction des conditions de la journée il peut y avoir un décalage des activités nocturnes dans le temps (Rahn, non publié).

B. — *Étude des facteurs extérieurs à l'insecte*

a) *Influence des facteurs abiotiques sur l'activité sexuelle.*

Les captures effectuées à l'aide des pièges sexuels ne sont pas interrompues par les pluies. Les pluies fines, même persistantes ne semblent pas gêner l'activité sexuelle de la Teigne du Poireau. Récemment Touzeau (1969) note le peu d'action des variations de l'hygrométrie sur le niveau de capture de l'Eudémis par les pièges sexuels, confirmant les résultats obtenus par Chaboussou et Carles (1962).

Le vent, par contre, a une influence très forte sur la direction des vols. Les insectes remontent directement les vents faibles pour atteindre la source de phéromone tandis qu'ils se laissent déporter par les vents forts.

L'incidence de l'éclairage du point de vue qualitatif et quantitatif reste encore à étudier. Cette étude nécessite un appareillage de mesure très compliqué car, outre l'étude de l'évolution de la lumière globale, il faudrait pouvoir entreprendre l'analyse de l'action de longueurs d'ondes plus particulières du spectre, par exemple les infrarouges.

La température joue un rôle certain sur la manifestation de l'attractivité sexuelle. Les insectes présentent des seuils d'activité précis.

Outre le seuil minimal, il est possible que l'insecte respecte aussi un seuil maximal. L'existence de ce dernier pourrait expliquer le décalage très fort, plusieurs heures dans le cas de la Teigne du Poireau, qui intervient lors des journées chaudes de l'été.

b) *Influence des facteurs biotiques.*

Deux facteurs principaux ont une incidence sur les résultats du piégeage sexuel : la concurrence intraspécifique et le rôle de la plante-hôte. Malgré le vaste champ de recherche offert par ces études, peu de travaux y ont été consacrés jusqu'à ce jour. Il semble possible d'aborder le premier problème par la méthode des lâchers et des recaptures d'insectes de sexe connu.

Outre son rôle d'aliment pour les larves et de support de ponte pour les adultes, la plante-hôte peut encore stimuler l'activité sexuelle des insectes qui lui sont inféodés. Riddiford et Williams (1967) le remarquent sur les élevages d'*Antheraea polyphemus* Lépid. *Saturnidae* chez qui les feuilles de chêne se révèlent indispensables à l'émission de phéromone par la femelle. De même Brader-Breukel (1969) a pu mettre en évidence le rôle des stades phénologiques du coton sur l'activité de la Noctuelle *Diparopsis watersi* (roths) qui en est l'un des déprédateurs. Des expériences en nature réalisées avec la Teigne du Poireau prouvent également le rôle de la plante-hôte. Chez cette dernière espèce, en laboratoire, il est possible de mettre en évidence une stimulation sexuelle agissant sur les deux partenaires (Rahn, 1968 *c*). Ces faits tendent à prouver, chez les espèces inféodées à un végétal, un renforcement de la liaison trophique entre les éléments de la biocœnose.

III. — APPLICATIONS AGRONOMIQUES DE L'ATTRACTION SEXUELLE DE NATURE CHIMIQUE

La pratique du piégeage sexuel permet d'obtenir des renseignements exploitables immédiatement sur le plan agronomique. Certaines applications ont été définies dès 1960 par GREEN *et al.* C'est le cas de la surveillance de vastes territoires susceptibles d'être envahis par un déprédateur. En outre, dans les cultures déjà contaminées, le piégeage sexuel permet de préciser dans le temps la présence des insectes et d'en évaluer le niveau de population. Ces derniers renseignements servent à l'établissement « d'Avertissements agricoles ».

A. — *Piégeage sexuel et détection des déprédateurs*

a) *La surveillance des territoires forestiers.*

Les insectes défeuillant les arbres forestiers posent le problème de lutte préventive. Les larves de Lépidoptères par exemple vivent dans le feuillage, s'alimentent souvent la nuit et s'abritent le jour. Ce comportement du déprédateur et l'étendue des peuplements forestiers rendent particulièrement difficile la détection des zones en début d'attaque. C'est le cas du Bombyx disparate ou Spongieuse, *Porthetria dispar* L., Lépidoptère *Lymantriidae*. Introduit accidentellement en 1869 aux États-Unis, ce Lépidoptère a rapidement gagné toutes les zones forestières, atteignant le Canada dès 1924. Cet insecte très polyphage apparaît brutalement par taches et présente des pullulations telles qu'il défeuille totalement toutes les essences, nuisant à leur bon développement et augmentant les risques d'incendie et d'érosion. Aux États-Unis des contrôles permanents furent menés à l'aide de réseaux de pièges sexuels appâtés de femelles vierges puis d'extraits de femelles vierges (COLLINS et POTTS, 1932). La stabilisation de ces extraits par hydrogénation (ACREE *et al.*, 1959) les rend plus facilement utilisables. En 1960 l'identification de la phéromone en jeu par JACOBSON *et al.* permit la synthèse du gyplure, produit expérimenté en 1961 et 1963. Fabriqué en grandes quantités et à bon marché, le gyplure permit bientôt d'établir un programme de surveillance généralisé à tout le territoire menacé par la Spongieuse. Au Canada, dans la région située au sud du Québec, une opération de repérage des foyers de *Porthetria* fut menée (CARDINAL, 1967). Les relevés des captures. répertoriés sur des cartes indiquent la localisation des masses d'œufs à l'automne. Ces renseignements guident l'exécution des traitements chimiques de printemps effectués contre les jeunes larves et les limitent à des zones bien déterminées.

Ce type de données permet aussi de suivre et de combattre directement le front d'invasion de l'insecte. *Porthetria dispar* L. fait également l'objet d'une étroite surveillance en Europe cenrale, en particulier en Yougoslavie où depuis quelques années la détection est fondée sur le piégeage sexuel (MAKSIMOVIC et MAROVIC, 1967).

La réussite du programme de surveillance vis-à-vis de *Porthetria dispar* L. a incité de nombreuses recherches visant les autres déprédateurs forestiers. FINDLAY et MCDONALD (1966) signalent les grands espoirs qu'ils fondent sur cette méthode de surveillance dans le cas de la Tordeuse des bourgeons de l'Épinette, *Choristoneura fumiferana* (CLEM.), Lep. *Tortricidae*, sérieux ravageur des forêts au Canada. Pour l'instant, l'utilisation des femelles vivantes dans les pièges en vue de la détection et de l'estimation des populations est certes moins onéreuse que les procédés classiques de surveillance, mais la synthèse de l'attractif simplifierait encore les opérations.

b) *La surveillance des cultures. Mise au point d'Avertissements agricoles.*

Les avis de traitements concernant les déprédateurs des cultures sont souvent établis à partir de résultats de piégeage fondés sur différents tropismes, phototropisme et chimiotropisme principalement. Dans ce dernier cas, le piégeage alimentaire et le piégeage sexuel sont utilisés. Ce

dernier exploite un besoin physiologique impérieux de l'insecte. Il est spécifique ce qui évite de nombreux tris et il se révèle peu perturbé par les facteurs abiotiques, la pluie en particulier. CHABOUSSOU et CARLES puis MAISON et PARGADE l'ont montré sur *Eudemis*. Nous arrivons à des conclusions identiques dans le cas de la Teigne du Poireau. *Acrolepia assectella* Z. Détectrice des adultes en activité sexuelle, cette méthode de capture permet de prévoir les pontes, et de là le moment d'éclosion des larves contre lesquelles il est possible d'intervenir chimiquement. Elle fournit en outre une idée du danger potentiel présenté par le déprédateur en cause, renseignement qui ne peut être obtenu à partir d'élevages en conditions naturelles. Depuis quelques années, de nombreux insectes d'intérêt agronomique appartenant souvent à l'ordre des Lépidoptères se sont révélés susceptibles d'être suivis à l'aide des pièges sexuels. A la liste importante publiée par JACOBSON en 1965 il est possible d'ajouter un certain nombre d'espèces (tabl. 1).

Cette liste est certainement loin d'être complète. Déjà en ce qui concerne notre pays, le fait qu'y figurent des insectes déprédateurs des forêts, des vergers et des vignobles est d'un grand intérêt. Il est en effet possible d'envisager l'utilisation de l'attractivité sexuelle des insectes pour mieux connaître ce qui se passe réellement dans les « agrobiocœnoses ». Les informations ainsi recueillies devraient aider à une rationalisation de la lutte, évitant en particulier les traitements qualifiés « d'assurance ».

B. — *Piégeage sexuel et lutte contre les déprédateurs*

Les résultats de l'emploi inconsidéré de produits insecticides de synthèse utilisés en grandes quantités et pas toujours à bon escient sont devenus un lieu commun. Il est facile d'y rattacher différents inconvénients tels :

— les effets toxiques sur les Vertébrés ;

— l'apparition de lignées résistantes de déprédateurs ;

— l'augmentation de la fécondité de certains arthropodes (CHABOUSSOU, 1969);

— la destruction d'équilibres biologiques due à la destruction des parasites et prédateurs ainsi qu'aux inconvénients déjà précisés.

Pour diminuer ces risques, les recherches se sont orientées vers d'autres moyens de lutte et vers une rationalisation de la lutte chimique, ceci pour mieux tenir compte de la biologie du déprédateur et de ses antagonistes. Toutes les méthodes de lutte pouvant se combiner au mieux dans la conception de la « lutte harmonique ».

a) *Intérêt du piégeage sexuel dans la mise au point de nouvelles méthodes de lutte.*

Des études récentes visent à la désorientation sexuelle des insectes qui sont alors dans l'incapacité de localiser leur partenaire sexuel.

KNIPLING (1956 et 1960) émet l'idée d'entamer le potentiel reproducteur des espèces devenues résistantes aux insecticides en empêchant la rencontre des partenaires sexuels. L'idée est reprise par BEROZA en 1960 puis BABSON, en 1963, en suggère l'application vis-à-vis de *Porthetria*. La synthèse du gyplure à bas prix (Cf. chapitre I) permet d'envisager la saturation du milieu naturel sur de grandes étendues. Ceci devrait interdire toute localisation des femelles par les mâles. Un premier essai se solde par un échec attribué à la présence d'impuretés (BURGESS, 1964 ; WATERS et JACOBSON, 1965). Cependant les expériences de GASTON *et al.* (1967) sur *Trichoplusia ni* (HUBN). à l'aide de pièges sexuels ont prouvé la valeur de l'idée : pas un mâle ne fut repris dans les pièges environnés de phéromone de synthèse tandis que, simultanément, les autres permettaient des captures en nombre normal. Ces résultats ouvrent une voie nouvelle dans la lutte contre les insectes tout en évitant certains inconvénients liés aux traitements chimiques pas assez spécifiques.

b) *Intérêt du piégeage sexuel pour la lutte autocide.*

Contribution à l'estimation du niveau de population.

Reprenant les idées émises par KNIPLING en 1960, FÉRON a fait en 1963 une mise au point

TABLEAU I

Liste complémentaire des Lépidoptères ayant fait l'objet d'études de piégeage sexuel (se rapporter à JACOBSON, 1965).

S.-O. des Homoneures.	
F. *Hepialidae :*	
Korsheltellus lupulinus L	SANKEY, J. H. P., 1948.
S.-O. des Hétéroneures.	
F. *Cossidae :*	
Prionoxystus robiniae PECK	SOLOMON J. D., MORRIS R. C., 1966.
Zeuzera pyrina L.	LISSER, 1961 (in BALACHOWSKI, 1966).
F. *Plutellidae :*	
Acrolepia assectella ZELLER	RAHN R., 1966 et 1968.
F. *Gelechiidae :*	
Scrobipalpa ocelatella BOYD	ROBERT P. communication personnelle.
Pectinophora gossypiella SAUNDERS	GRAHAM *et al.*, 1966.
	GUERRA A., OUYE M. T., 1967.
Sitotroga cerealella OLIVIER	STOCKEL J. communication personnelle
F. *Tortricidae :*	
Choristoneura fumiferana CLEM.	FINDLAY J. A., MACDONALD, 1966.
Grapholita molesta BUSK	GEORGE J. A., 1965.
	ROELOFS W. L., FENG K. C., 1968.
Adoxophyes orana F.R.	MINKS A. K., 1969.
Grapholita funebrana T.R.	TOUZEAU J., 1968.
Carpocapsa pomonella L.	MADSEN H. F., 1967.
Paralobesia viteana CLEM	
Archips argyrospilus WALTER	ROELOFS W. L., FENG K. C., 1966.
Archips mortuanus KEARFOOT	
Argyrotaenia velutinana	ROELOFS W. L., ARN H., 1968.
Lobesia botrana SHIFF.	CHABOUSSOU et CARLES, 1962.
Et autres tordeuses de la Vigne	MAISON et PARGADE, 1967.
	TOUZEAU J., 1969.
Barbara colfaxania KFR	HEDLIN A. F,. RUTH D., 1968.
F. *Pyralidae :*	
Diatraea saccharalis F	PEREZ R., 1964.
Zeadiatraea grandiosella DYAR	DAVIS F. M., HENDERSON C. A., 1967.
F. *Lymantriidae.*	
(cf. « surveillance » — III. A. *a.*).	
F. *Noctuidae :*	
Heliothis zea BODDIE	GASTON *et al.*, 1966.
Heliothis virescens F.	
Trichoplusia ni HUBNER	HENNEBERRY C. J., *et al.*, 1966-1967.
Diparopsis watersi ROTHS.	BRADER-BREUKEL L. M., 1969.
F. *Spingidae :*	
Manduca sexta	HOFFMAN J. D. *et al.*, 1966.

sur cette question. Outre les impératifs classiques de la lutte autocide (élevage, potentiel d'accouplement des mâles traités, dispersion facile...) ces deux auteurs expriment la nécessité de la connaissance du niveau de la population naturelle à combattre. La pratique du piégeage sexuel peut dans de nombreux cas permettre cette estimation.

Abaissement du nombre des mâles présents.

La lutte autocide met en compétition les mâles stériles lâchés avec ceux de la population naturelle. Il est donc utile de pouvoir réduire le nombre de ces derniers. Ce résultat peut être obtenu par un piégeage intensif précédant les lâchers de mâles traités.

Stérilisation d'appoint.

Dans le cadre d'une lutte autocide, l'action dépressive des mâles libérés peut être renforcée par une stérilisation concomitante des mâles de la population à réduire. Différents auteurs ont imaginé d'adjoindre au piège sexuel un dispositif de stérilisation chimique. Dans le cadre de la lutte contre *Diprion similis* HARTIG (Hymenoptera) CASIDA *et al.* (1963) pensent que l'emploi d'un mélange de chimiostérilisant et d'attractif sexuel devrait se révéler supérieur à celui du mélange insecticide-attractif. Cette méthode répond parfaitement à l'idée de KNIPLING sur l'efficacité d'un facteur antagoniste permanent.

c) *Amélioration d'autres méthodes de piègeage.*

L'efficacité de certains types de pièges se trouve considérablement améliorée par l'adoption d'une formule mixte utilisant l'attractivité sexuelle. Dans le cas des pièges à lumière noire (15 W, radiations de 3 200 à 4 000 Å) HENNEBERRY *et al.* (1966 et 1967), ainsi qu'HOFFMANN *et al.* (1967) constatent une sérieuse augmentation du taux des captures en présence de femelles vierges de *Trichoplusia ni* (HÜBNER). De même, HOFFMANN, HOWLAND et WOLF, (1966), GUERRA et OUYE (1967) dans le cas de *Pectinophora gossypiella* ; puis MCFADDEN et LAM (1968) opérant sur *Manduca sexta* JOHANNSON arrivent à la même conclusion, obtenant un gain de plus de 285 p. 100 en faveur des pièges mixtes.

En fonction des divers usages des pièges sexuels, de nombreux modèles ont été mis au point.

IV. — LES DIFFÉRENTS TYPES DE PIÈGES SEXUELS

Quel que soit le type d'appât utilisé, femelles vivantes, extraits stabilisés ou produits de synthèse, les différents modèles de piège se ramènent à deux grands types : ceux destinés à la capture ou au traitement d'individus vivants et ceux prévus pour les relevés de population.

Dans les deux cas le problème de la diffusion des molécules attractives dans l'atmosphère reste le même : il s'agit d'assurer la permanence en qualité et en quantité de la source émettrice. Seul le dispositif destiné à retenir les insectes attirés varie.

A. — *Les pièges sexuels destinés à la capture d'insectes vivants.*

Ce sont les moins utilisés. Ils se présentent sous la forme d'une enceinte, généralement une nasse cylindrique munie d'un entonnoir à l'une ou à ses deux extrémités. Ces pièges ont pour but ;

— La capture d'un nombre élevé d'insectes en vue d'expériences de « lâcher et recapture » après marquage. Ce mode d'obtention de matériel entomologique présente l'avantage de supprimer les contingences de l'élevage en laboratoire et du tri des insectes en fonction du sexe.

— Une source permanente de stérilisation des mâles de la population naturelle des déprédateurs à combattre. Ceux-ci sont attirés et maintenus suffisamment longtemps en présence de stérilisants chimiques.

B. — *Les pièges sexuels prévus pour la récolte d'insectes tués lors de leur capture.*

La capture des insectes sert le plus souvent à l'obtention d'éléments statistiques destinés à des études précises d'intérêt pratique ou écologique. Pour ce type de renseignements, vu la spécificité des pièges sexuels, l'état de l'insecte importe moins. Il est donc possible d'utiliser de nombreux types de pièges à glu.

La technique la plus rudimentaire, utilisée dans le cas de Lépidoptères forestiers, consiste à enduire de glu une portion de tronc d'arbres, la femelle ou la substance attractive étant placée au centre de la plage adhésive, (COLLINS et POTTS, 1932).

Généralement le support de la glu est artificiel. Dans le cas le plus simple, il s'agit d'un panneau rigide, rectangulaire dont les deux faces sont engluées. Un orifice central permet de disposer l'appât dont la diffusion attire les mâles. Ce modèle a été utilisé par COPPEL *et al.* (1960) et par CLEVELAND et MURDOCK (1964).

Les pièges sexuels les plus employés sont constitués de cylindres dont la face interne est engluée et dans lesquels l'appât est disposé. Ces pièges sont de capacité très variable au gré des auteurs. Leurs extrémités peuvent rester libres car tout insecte touchant les parois au cours de son approche est retenu. Il se révèle fort pratique d'étendre préalablement la glu sur une feuille de plastique semi-rigide qui, introduite enroulée dans le cylindre, s'y plaque avec force lorsqu'elle y est lâchée.

Ce type de cylindre englué a parfois été monté sur pivot, fonctionnant comme une girouette, se maintenant dans la direction du vent (CHABOUSSOU 1962). Il semble que la trop grande mobilité de ces pièges ait motivé leur abandon. Les différents auteurs n'utilisent maintenant que des modèles fixes dérivés les uns des autres ne présentant que des différences minimes portant sur les dimensions et sur le matériel utilisé.

Les pièges à glu les plus élaborés se présentent sous forme de 3 panneaux perpendiculaires englués, deux verticaux s'appuyant sur un troisième horizontal (GÖTZ, 1939). L'appât est placé au centre de ce dispositif qui permet d'étudier l'orientation du vol des insectes en fonction de la direction du vent. Complétant ce dispositif en le rendant symétrique par rapport au plan horizontal, CHABOUSSOU (1962) en fit un piège « panoramique » de forme sphérique destiné à l'étude des Tordeuses de la Vigne.

Le type particulier de piège sexuel horaire mis au point par GÖTZ (1949) et décrit au chapitre précédent est un modèle à glu perfectionné.

Malgré cette grande variété de modèles, l'analyse de la répartition des captures dans le piège montre l'intérêt des pièges cylindriques (HOLBROCK *et al.*, 1960;) les zones inférieures de ces pièges recèlent la grande majorité des prises. Cette particularité qui est liée au comportement d'approche des mâles permet de n'engluer que les 2/3 inférieurs des pièges cylindriques pour une aussi bonne efficacité.

Il est également possible d'utiliser des pièges sexuels associés à des poisons chimiques, poudre de cyanure de calcium par exemple. La pratique a montré que les vapeurs émises par les produits n'altéraient pas l'attractivité des appâts (GRAHAN et MARTIN, 1963 ; GUERRA et OUYE, 1967). Bien entendu, dans ce cas, il ne peut être question d'utiliser des femelles vierges, mais uniquement des extraits naturels ou des phéromones de synthèse.

V. — LES PROBLÈMES LIÉS AU PIÉGEAGE SEXUEL

Les difficultés inhérentes au piégeage sexuel ne portent guère sur le piège lui-même, mais principalement sur l'appât utilisé et sur les caractères propres de l'insecte à capturer.

A. — *L'appât*

a) *Emploi des femelles vivantes.*

Dans le cas de l'emploi des femelles vivantes, outre les difficultés possibles d'élevage, le problème du tri sexuel reste dans certains cas très délicat. S'il est possible de différencier facilement le sexe de certaines larves de Lépidoptères à la couleur des ébauches des testicules, par exemple chez la Teigne du Poireau, chez d'autres espèces, certaines Tortricides par exemple, cette méthode comporte un risque d'erreur assez élevé, de l'ordre de 10 p. 100 chez *Adoxophyes orana* (F. R.) par exemple. La distinction des sexes ne peut être alors effectuée qu'au cours des stades nymphaux et imaginaux. L'opération est gênante, tant sur le plan de la manipulation des insectes que sur celui de la durée et elle ne peut se faire qu'à l'aide d'appareils optiques.

D'autre part, la pratique d'un piégeage permanent exige un élevage continu. La période d'attractivité des femelles et son évolution sont à considérer car si certaines femelles restent attractives toute leur vie d'autres voient leur pouvoir attractif diminuer avec l'âge (SHOREY *et al*, 1968). Il est aussi nécessaire de veiller au maintien d'excellentes conditions au niveau des femelles captives. Celles-ci ne doivent pas être soumises à une insolation directe et nécessitent un ravitaillement en eau durant la saison estivale.

Du fait de la concurrence des femelles « sauvages » le piège sexuel permet des captures relativement plus abondantes au début des générations, lorsqu'elles présentent un niveau de population plus bas.

b) *Utilisation des substances naturelles ou de synthèse.*

Cette pratique élimine bon nombre des inconvénients inhérents au maintien en bonnes conditions des femelles vivantes. Cependant, dans le cas de l'extraction de phéromones à partir de l'extrémité de l'abdomen des femelles, le choix du solvant est délicat. De nombreux phénomènes de masquage lui sont imputés, l'extrait devenant tout à fait inactif vis-à-vis des mâles (GRAHAN *et al.*, 1966 ; SHOREY et GASTON, 1967).

L'avantage présenté par les substances de synthèse est certain. Des succès incontestables ont été enregistrés pour quelques insectes dont le ver à soie et le « Bombycol » (BUTENANDT *et al.*, 1961 et 1962) ; la spongieuse *Porthetria dispar* et le « Gyplure » (JACOBSON *et al.*, 1960), également dans le cas de *Tricholpusia ni* (GASTON *et al.*, 1967). Les phéromones de synthèse semblent appelées à rendre les plus grands services à la recherche de caractère appliqué et fondamental. Cependant l'isolement, l'identification précise et la synthèse des substances en cause ne peuvent être envisagés immédiatement pour tous les insectes à étudier. Ces travaux ne peuvent en effet être réalisés que dans le cadre d'une lutte contre un déprédateur économiquement très important, par des équipes de recherches comportant des biologistes et biochimistes disposant de moyens suffisants.

B. — *Problème de la localisation des pièges : rôle de la plante-hôte*

Lors de l'emploi des pièges sexuels, l'appât se trouve en compétition constante avec les femelles de la population. Pour que des captures aient lieu, il faut que cet appât soit placé à l'endroit exact où se manifeste l'activité des insectes de la population naturelle. Dans certains cas, par exemple chez *Acrolepia assectella* Z., cette activité au sein de la culture à étudier se manifeste dans une strate bien définie. Ainsi un poste de piégeage à deux niveaux superposés placé dans une culture de seconde année au moment de la pleine floraison n'assure des captures qu'à son niveau supérieur. Ceci est lié à la fixation de l'activité sexuelle au niveau des inflorescences où les femelles trouvent un substrat de très bonne qualité pour le développement de leur progéniture. A cette période précise des femelles placées seulement à un mètre cinquante plus bas ne sont plus compétitives. Le piège unique placé au ras du sol pourrait amener à une conclusion fausse, faisant croire à une absence totale d'insectes (RAHN, 1968 *b*).

Dans le cas d'insectes monophages ou oligophages, la plante-hôte peut, nous l'avons vu, conditionner l'activité sexuelle de l'un ou des deux partenaires sexuels. Dans le cas de ces insectes, il est impossible d'obtenir des captures par la méthode de piégeage sexuel en dehors de la présence des plantes-hôtes. Ceci limite la portée du piégeage sexuel qui, de ce fait, se révèle inopérant pour étudier les migrations d'insectes comme cela se pratique à l'aide du piégeage lumineux. Même en admettant que les individus présentent l'état interne convenable, celui-ci ne peut s'exprimer en l'absence de sa plante-hôte.

Malgré ces limites, le piégeage sexuel des mâles est une technique permettant l'approche de problèmes écologiques fondamentaux. Dans le cas particulier des déprédateurs des plantes cultivées et des forêts, il est un moyen éprouvé à la disposition des chercheurs et des praticiens dans le domaine de la biologie générale, des prognoses, de même que dans la mise au point et l'examen de nouvelles méthodes de lutte.

Reçu pour publication en mars 1970.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACREE F., JR. *et al.*, 1959. The stability of hydrogenated Gypsy Moth sex attractant. *J. Econ. Entomol.*, **52**, 82-85.

ADEESAN C., TAMHANKAR A. J., RAHALKAR G. W., 1969. Sex Pheromone Gland in the Potato Tuberworm Moth, *Phthorimaea operculella*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **62**, 670-671.

AGEE H. R., 1969. Response of Flying Bollworm Moths and other Tympanate Moths to pulsed Ultrassound. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **62**, 801-807.

AGEE H. R., 1969. Mating Behavior of Bollworm Moths. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **62**, 1 120-1122

AGEE H. R., 1969. Response of *Heliothis* Spp. (Lepid. Noct.) to Ultrasound when resting feeding courting mating or ovipositing. *Ann. Entomol. soc. Amer.*, **62**, 1122,-1128.

ALEXANDER R. D., 1961. Aggressiveness, territoriality and sexual behavior in field crickets (*Orthoptera*: *Gryllidae*). *Behaviour*, **17**, 130-223.

BABSON A. L., 1963. Eradicating the Gypsy Moth. *Science*, **142**, 447.

BALACHOWSKY A. S., 1966. *Traité d'entomologie appliquée à l'Agriculture*. Tome II, Lépid. Masson, éd.

BARNES M. M. *et al.*, 1966. Sex pheromone gland in the female Codling Moth *Carpocapsa pomonella*· *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **59**. 732-734

BARTELL R. J., SHOREY H. H., 1969. Pheromone concentrations Required to Elicit Successive Steps in the Mating Sequence of Males of the light-Brown Apple Moth, *Epiphyas postvittana*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **62**, 1206-1207.

BARTH R. H., 1961. Hormonal control of sex attractant production in the Cuban Cockroach. *Science* **133**, 1598-1599.

BELTON P., 1962. Responses to sound in Pyralid Moths. *Nature* ((*London*). **4860**, 1188-1189.

BEROZA M., 1960. Insect attractants are taking hold. *Agr. Chem.*, **15**, 37-40.

BOUNHIOL J., FRONT-BOURGOIN D., 1962. Données expérimentales sur le fonctionnement des glandes attractives sexuelles chez *Bombyx mori*. *C. R. Acad. Sci.*, **255**, 312

BOUNHIOL J. J., FRONT-BOURGOIN D., 1964. Physiologie de l'attraction sexuelle chez *Bombyx mori* L (Lepid.) *Proc. XII Int. Congr. Entomol. London 1964.*

BRADER-BREUKEL L. M., 1969 et 1970. Modalités de l'attraction sexuelle chez *Diparopsis watersi* (ROTHS). Thèse I. R. C. T. in *Coton et Fibres tropicales*, V. XIII, XIV, XV.

BUSNEL M. C., BUSNEL M. G., 1954. La directivité acoustique des déplacements de la femelle d'*Oecanthus pellucens* SCOP. In : *Coll. int. Acoust. Orthop.*, 1954. *H. S. Ann. Epiphyt.* 356-362

BUSNEL R. G., DUMORTIER B., BUSNEL M. C., 1956 *a*. Recherches sur le comportement acoustique des Éphippigères (Orthoptères Tettigoniidae). *Bull. Biol. Fr. Belg.*, XC, 219-286.

BUSNEL R. G. BUSNEL M. C., DUMORTIER B., 1956 *b*. Relations interspécifiques chez les Éphippigères (Orthop. Tettigoniidae). *Ann. Épiphyties*, 3, 451-452.

BUSNEL R. G. et GIBAN J., 1958 *C. R. Colloque Prot. acoust. des Cultures et autres moyens d'effarouchement des oiseaux*. I. N. R. A. Jouy-en-Josas.

BUTENANDT A., BECKMANN R., STAMM D., 1961. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners. II. Konstitution und Konfiguration des Bombykols. *Z. Physiol. Chem.*, **324**, 84-87.

BUTENANDT A., HECKER E., HOPP M., KOCH W., 1962. Über den Sexuallockstoff des Seidenspinners. IV. Die synthese des Bombykols und der *ci-trans*-Isomeren Hexadecadien (10-12)-ole- (1). *Ann. Chem.*, **658**, 39-64.

CALLAHAN P. S., 1964. A photographic analysis of moth flight behavior with special reference to the theory for electromagnetic radiation as an attractive force between the sexes and to host plants. *Proceed. XII*tt *Inter. Cong. Entomology, London.*, p. 302

CALLAHAN R. S., 1965. immédiate and far Infrared Sensing of Nocturnal Insects. Part II. The Compound Eye of the Corn Earworm, *Heliothis zea*, and other Moths as a Mosaïc Optic-Electromagnetic Thermal Radiometer. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **58**, 746-756.

CARDINAL J. A., 1967. Lutte contre la spongieuse *Porthetria dispar* L. (*Lepidoptera* : *Lymantridae*) au Québec. *Phytoprotection*, **48**, 92-100.

CASIDA J. E., *et al*, 1963. Purification and Potency of the sex attractant from the introduced pine Sawfly, *Diprion similis*. *J. Econ. Entomol.*, **56**, 18-24.

CHABOUSSOU F., CARLES J. P., 1962. Sur le piégeage sexuel des mâles d'Eudemis. *Rev. Zool. Agric.*, **7-9**, 81-98.

CHABOUSSOU F., 1969. Recherches sur les facteurs de pullulation des Acariens phytophages de la vigne à la suite des traitements pesticides du feuillage. *Thèse Doct. d'état, Fac. Sc. Paris.*

CLEVELAND M. L., MURDOCK L. L., 1964. Natural sex attractant of the lesser peach tree borer. *J. Econ. Entomol.*, **57**, 76-1762.

COLLINS L. W., POTTS S. F., 1932. Attractant for the flying Gypsy Moth as an aid in locating new infestations. *U. S. Dept. Agric. Tech. Bull.*, **336**, 44 pp.

COPPEL H. C., CASIDA J. E., DAUTERMAN W. C., 1960. Evidence for a potent sex attractant in the introduced pine sawfly, *Diprion similis*. *Ann. Entomol., Soc. Amer.*, **53**, 510-512.

DAVIS F. M. HENDERSON C. A., 1967. Attractiveness of virgin females moths of the Southwestern Corn Borer. *J. Econ. Entomol.*, **60**, 279-280.

DUFAY C., 1957. Sur l'attraction sexuelle chez *Lasiocampa quercus* L. (L. Lasiocampidae). *Bull. Soc. Entomol.*, **62**, 61-64.

ENGELMANN F., 1960. Hormonal control of mating behavior in an insect. *Experientia.*, **16**, 69-70.

ENGELMANN F., BARTH R. H., 1968. Endocrine control of female receptivity in *Leucophaea maderae* (*Blattaria*). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 503-505.

FABRE J. H., 1904. *Souvenirs Entomologiques*. 8e éd. Paris.

FÉRON M., 1963. La lutte contre les insectes par les méthodes autocides. *Rev. Zool. Agric. Appl.*, **62**, 37-48.

FINDLAY A., MACDONALD D. R., 1966. Investigation of the sex-attractant of the Spruce Budworm moth. in : *Chemistry in Canada, Public. Chemic. Instit. Canad.*, Sept. 1966.

FRINGS H., FRINGS M., 1958. Use of sounds by insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **3**, 87-106.

GASTON L. K., *et al.*, 1966. Sex Pheromones of noctuids Moths. IX. Isolation. techniques and quantitatives analysis for the pheromones, with special reference to that of *Trichoplusia ni* (*Lepidoptera* : *Noctuidae*). *Ann. Entomol., Soc. Amer.*, **59**, 1062-1066.

GASTON L. K., SHOREY H. H., SAARIO C. A., 1967. Insect population control by the use fo Sex Pheromones to inhibit orientation between the sexes. *Nature, London*, **213**, 1.155

GEORGE, 1965. Sex Pheromone of the Oriental fruit Moth *Grapholita molesta* BUSCK (*Lepidoptera* : *Tortricidae*). *Canad. Entomol.*, **97**, 9.

GIBAN J., 1961. C. R. Colloque « Moyens de Protection contre les espèces d'oiseaux commettant des dégâts en Agriculture. Versailles-9-10-11 oct. 1961.

GÖTZ B., 1939. Untersuchungen über die Wirkung des Sexualduftstoffes bei den Traubenwicklern *Clysia ambiguella und Polychrosis botrana*. *Z. Angew. Entomol.*, **26**, 143-164.

GÖTZ B., 1949. Der Einfluss von Tageszeit und Witterung auf Auschlüpfen, Begattung und Eiablage des Springwurmwicklers *Sparganothis pilleriana* SHIFF. *Z. Ang. Entomol.*, **31**, 261-274.

GÖTZ B., 1951. Die Sexualduftstoffe an Lepidopteren. *Experentia*, **7**, 406-418.

GRAHAM H. M., MARTIN D. F., 1963. Use of Cyanide in pink bollworm Sex-lure traps. *J. Econ. Entomol.*, **56**, 901-902.

GRAHAM H. M., MCGOUGH J. M., 1966. Influence of solvents on effectiveness of sex lure for Pink Bollworn. *J. Econ. Entomol.*, **59**, 761-762.

GREEN N., *et al.* 1960. Recent development in Chemical Attractants for insects. In : *Advances in Pest Control Research*. Éd. R. L. Metcalf. New York, III, 129-179.

GRIFFITH P. H., 1969. Investigation of insect electromagnetic communication with special reference to *Heliothis zea* BODDIE. *Diss. Abstr. Sect. B*, **29**, 12-1. 4631-B.

GUERRA A. A., OUYE M. T., 1967. Catch of male Pink Bollworms in traps baited with sex Attractant *J. Econ. Entomol.*, **60**, 1046-1047.

HEDLIN A. F., RUTH D. S., 1968. Sex Attraction in the Douglas-Fir cone Moth *Barbara Colfaxiana* KFT. *Canad. Dept. Agric. B., Monthy Res.* notes 24, (1).

HENNEBERRY T. J., HOWLAND A. F., 1966. Response of male cabbage loopers to blach-light with or without the presence of the female sex pheromone. *J. Econ. Entomol.*, **59**, 623-626.

HENNEBERRY T. J., HOWLAND A. F., WOLF W. W., 1967. Recovery of relased male cabbage lopper moths in traps equipped with blacklight lamps and baited with virgin females. *J. Econ. Entomol.*, **60**, 532-537.

HENNEBERRY T. J., HOWLAND A. F., 1967. Combinations of blacklight and virgin females as attractants to Cabbage Looper Moths. *J. Econ. Entomol.*, **60**, 152-156.

HOFFMAN J. D., *et al.*, 1966. Attraction of blacklight traps baited with virgin female tobacco hornworn moths *Manduca sexta*. *J. Econ. Entomol.*, **59**, 809-811.

HOLBROOK R. F., BEROZA M., BURGESS E. D., 1960. Cypsy moth (*Porthetria dispar*) detection with the natural female sex lure. *J. Econ. Entomol.*, **53**, 751-756.

JACOBSON M., BEZORA M., JONES W. A., 1960. Isolation, identification, and synthesis of the sex attractant of gypsy moth. *Science*, **132**, 1011-1012.

JACOBSON M., 1965. Insect Sex attractants. *Inters. Publ.* John Wiley and Sohn-New York.

JACOBSON M., 1966. Chemical insect attractants and repellents. *Ann. Rev. Entomol.*, **11**, 403-422.

JONG (de) D. J., MINKS A. K., 1968. Observations on the dispersal of *Adoxophyes reticulana* H. in the Orchards with light and Sex traps. *Med. Rijk. Land. Weten. Gent, XXXIII.*

KARLSON P., LÜSCHER M., 1959. « Pheromones » a new term for a class of biologically active substances. *Nature*, **183**, 55-56.

KNIPLING E. F., 1956. Basic Research for control of insects tomorrow. *Proceed. II, Annual B., cotton Product. Conference, Birmingham Alabama*, déc. 13-14.

KNIPLING E. F., 1960. Use of insects for their own destruction. *J. Econ. Entomol.*, **53**, 415-420.

LABEYRIE V., 1968. Les populations animales. *Atomes*, **23**, (253), 217-225.

LAITHWAITE E. R., 1960. A radiation theory of the Assembling of Moth. *The Entomologist.*, **93**, 113-117, 133-137.

LAITHWAITE E. R., 1961. Radiation theory of the assemblage of Moths. *The Entomologist.*, **94** 44-45.

MADSEN H. F., 1967. Codling Moth attractants. *Pest. Art. News. Sum.*, **13**, 333-344.

MAISON P., PARGADE P., 1967. Le piégeage sexuel de l'Eudemis au service de l'Avertissement agricole. *Phytoma*, **190**, 9-13.

MAKSIMOVIC M., MAROVIC R., 1967. Influence of the form of traps upon the attractiveness of sexual odour for Gypsy Moth females, *Lymantria dispar*. *Zast. Bilja*, **93-95**, 1150123.

MCDONOUGH L. M., 1969. Artificial Sex Pheromones of the codling Moth. *J. Econ. Entomol.*, **62**, 243.

MCFADDEN M. W., LAM J. J., 1968. Influence of population level and trap spacing on capture of Tobacco Hornworm Moths in Blacklight traps with virgin females, *Manduca sexta*. *J. Econ. Entomol.*, **61**, 1150-1152.

MINKS A. K., 1969. The use of sex traps for phenological observations on the summerfruit Tortrix Moth, *Adoxophyes orana* (F.V.R.). *Comm. Congr. Phytopharm.* Gand.

PEREZ R., LONG W. H., 1964. Sex attractant and mating behavior in the Sugarcane-Borer. *J. Econ. Entomol.*, **57**, 688-690.

PORTIER P., 1949. La biologie des Lépidoptères. *Encycloped. Biol. XXIII*, P. Chevalier, Édit.

RAHN R., 1966. La Teigne du Poireau *Acrolepia assectella* ZELLER, éléments de biologie et mise au point d'avertissements agricoles fondés sur le piégeage sexuel des mâles. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **52**, 997-1001.

RAHN R., LABEYRIE V., 1967. Importance de l'hétérogénéité de l'attraction sexuelle exercée par les femelles d'*Acrolepia assectella* ZELLER. *C. R. Acad. Sci.* Paris, **265**, 427-429 (série D).

RAHN R., 1968. a Rôle de la plante-hôte sur l'attractivité sexuelle chez *Acrolepia assectella* ZELLER, (*Lepidopt-Plutellidae*). *C. R. Acad. Sci.* Paris, **226**, 2004-2006.

RAHN R., 1968. b Méthodes d'élevage et de piégeage sexuel utilisables pour la mise au point d'Avertissements agricoles concernant la Teigne du Poireau. *Phytoma*, **201**, 21-26.

RAHN R., 1968. c Influence de la Plante-hôte sur l'activité sexuelle de la Teigne du Poireau *Acrolepia assectella, Lep. Plutellidae. Communication au XIII^e Congrès Inter. d'Ent., août 1968.* Sous presse.

RIDDIFORD L. M., WILLIAMS C. M., 1967. Volatile principle from Oak leaves : rôle in Sex life of the *Polyphemus* Moth. *Science*, **155**, 589-590.

RIDDIFORD L. M., WILLIAMS C. M., 1967. Chemical signaling between *Polyphemus* Moths and betwen Moths and host Plant. *Science*, **156**, 541.

ROEDER K. D., TREAT A. E., 1961. The detection and evasion of bats by Moths. *Amer. Sci.*, **49**, 135-148.

ROELOFS W. L., ARN H., 1968. Sex attractant of the Red-banded Leaf Roller Moth, *Agyrotaenia velutinana*. *Nature*, **213**, 513.

ROELOFS L., WENDEL FENG KUO-CHING, 1968. Sex Pheromone Specificity Tests in the Tortricidae — An introductory report. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 312-316.

ROOS U. P., BAGGIOLINI M., 1969. Essais de piégeage sexuel du carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) *Mitt. der Schweiz. Entomol. Gesel.-XLII.* 11-21.

SHOREY H. H., GASTON L. K., 1967. Sex pheromones of Noctuids Moths. XII. Lack of evidence for masking of sex pheromone activity in extracts from females of *Heliothos zea* and *H. virescens* (*Lepidoptera* : *Noctuidae*). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **60**, 847-859.

SHOREY H. H., MCFARLAND S. U. et GASTON L. K., 1968. Sex pheromone of Noctuid Moths. XIII. Changes in pheromone quantity, as related to reproductive age and mating history, in females of seven species of Noctuidae (Lepidoptera). *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 372-376.

SILVESTEIN *et al.*, 1968. Brevicomin : Principal sex attractant in the frass of Female Western Pine Beetle. *Science amer*, **159**, 889-891.

SOLOMON J. D., MORRIS R. C., 1966. Sex attraction of the Carpenterworm *J. Econ. Entomol.*, **59** 1534-1535.

STOCKEL J., Utilisation du piégeage sexuel pour l'étude du déplacement de *Sitotrog acereallela* OLIV. (Lepidotère Gelechiidae) vers les cultures de maïs. (Sous presse).

TOUZEAU J., 1968. Rapport général sur l'évolution du Carpocapse des Prunes. *Rapp. Min. Agric. serv. Prot. Veg.*

TOUZEAU J., 1969. Piégeage sexuel et piégeage alimentaire de l'Eudemis de la vigne. *Phytoma*, **212**, 9-20.

VAIL P. V., HOWLAND A. F., HENNEBERRY T. J., 1968. Deasonal distribution, sex Ratios, and mating of Female Noctuid Moths in Blacklight trapping studies. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **61**, 405-411.

VITE J. P., 1967. Sex attractants in frass from Bark beetle. *Science amer.*, **156**, 105.

WATERS R. M., JACOBSON N., 1965. Attractiveness of Gyplure masked by impurities. *J. Econ. Entomol.*, **58**, 370-371.

WILSON E. O., 1963. Pheromones. *Sci. Amer.* **208**, 100-7 ; 110-112-114.

WRIGHT R. H., 1963. Molecular vibration and insect sex attractants. *Nature* (London), **4879**, (198), 455-459.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 451-470.

MISE AU POINT BIBLIOGRAPHIQUE

LA PÉRIODE BIOLOGIQUE DES RADIOÉLÉMENTS CHEZ LES INSECTES

L.-A. BUSCARLET

Département de Biologie,
Service de Radioagronomie
Centre d'Études nucléaires, 13 - Cadarache

RÉSUMÉ

La présente mise à jour bibliographique sur la période biologique des radioéléments chez les Insectes met l'accent sur la définition de la période biologique, son intérêt dans les applications écologiques du marquage et sur les facteurs internes ou externes agissant sur la période biologique.

Un tableau synoptique présente les différentes espèces étudiées en indiquant le radioélément utilisé, les paramètres exerçant une action sur la vitesse d'élimination, et éventuellement la valeur de la période biologique obtenue par les auteurs. L'analyse des différents travaux évoqués permet de tirer des conclusions pratiques pour la technique de marquage.

I. — INTRODUCTION

Chaque année, les insectes dérobent 12 p. 100 de la valeur potentielle de la production agricole mondiale estimée à 850 milliards de francs, malgré l'utilisation généralisée des moyens de défense parmi lesquels les produits phytosanitaires pour le traitement des parasites, des maladies et des mauvaises herbes coûtent près de 3,5 milliards (CRAMER, 1967). L'importance du conflit dépasse cependant le cadre purement économique. L'emploi intensif des produits chimiques soulève des problèmes de salubrité et de maintien du patrimoine faunique qui sensibilisent l'opinion publique et inquiètent les biologistes. Actuellement ces derniers orientent leurs efforts vers l'édification d'un système permettant de conserver l'équilibre du milieu naturel. Tels sont les buts recherchés par la méthode biologique et la méthode intégrée. Dans ce contexte moderne de lutte, l'action ne peut être engagée qu'après une analyse approfondie de l'écosystème et cette démarche requiert des moyens d'investigation très spécialisés, parmi lesquels figurent avec une intensité croissante les techniques nucléaires. Celles-ci permettent en effet d'exercer au moyen du marquage une surveillance précise qui renseigne sur le comportement, la démographie des espèces et leurs relations. Irremplaçables dans l'évaluation quantitative des besoins et des dépenses d'énergie à certains niveaux de la chaîne alimentaire, elles ouvrent depuis peu une nouvelle voie d'étude de la structure des communautés.

Les méthodes de marquage requièrent la mise en œuvre de techniques de plus en plus élaborées qui soulèvent en priorité deux types de questions : la première citée pour mémoire, est relative aux effets radiobiologiques. La seconde relève des mécanismes physiologiques qui régissent la durée de passage du traceur dans l'organisme. C'est ce dernier point qui retient notre attention dans la présente mise à jour consacrée à la période biologique des radioéléments chez les insectes.

II. — DÉFINITION DE LA PÉRIODE BIOLOGIQUE

En raison de leur taille réduite, les insectes se prêtent facilement à la détermination cinétique de l'élimination d'un radioélément. L'expérience consiste à faire ingérer au préalable le radioisotope au stade larvaire ou adulte, à soumettre l'insecte à un régime d'alimentation normal et à suivre l'évolution de sa radioactivité globale dans le temps. La courbe obtenue peut être traduite généralement selon l'expression exponentielle suivante :

$$A_t = A_0 \, e^{-K_e t} \tag{1}$$

dans laquelle A_t et A_0 représentent la radioactivité de l'insecte au temps t et au temps initial et K_e la constante de vitesse effective.

Lorsque A_t atteint la valeur $A_0/2$, l'expression prend la forme qui suit :

$$1/2 = e^{-K_e t_e} \tag{2}$$

et la période effective T_e s'exprime par la relation ci-après :

$$T_e = 0{,}693/K_e \tag{3}$$

La décroissance exponentielle de l'activité A_t répond en fait à deux phénomènes, la décroissance physique du rayonnement et la décroissance physiologique du radioisotope dans l'organisme. La constante K_e est la somme des constantes de vitesse correspondant à ces deux phénomènes et cette relation peut s'écrire de la façon suivante :

$$I/T_e = I/T_p + I/T_b \tag{4}$$

où T_p et T_b représentent respectivement les périodes physiques et biologique du radioélément.

On peut ainsi définir la période biologique comme *le temps mis par l'insecte pour éliminer de son organisme la moitié de la quantité de l'indicateur administré.*

Dans certains cas, la décroissance de la radioactivité répond à un modèle composé de la forme suivante :

$$A_t = A_0 \, (a_1 \, e^{-K_1 t} + a_2 \, e^{-K_2 t} \ldots) \tag{5}$$

Les termes a_1, a_2 ... représentent l'activité initiale de différentes fractions qui se renouvellent avec les constantes de vitesse K_1, K_2, ... Certains auteurs, KING (1954) (fig. 1), OFTEDAL (1959), calculent chacun de ces termes en vue d'études comparatives plutôt que dans un souci d'identification. D'autres au contraire, donnent une interprétation des cinétiques composées de deux exponentielles obtenues après ingestion unique du radioisotope. Ils distinguent deux compartiments dont le premier correspond à la quantité non assimilée, éliminée rapidement, l'autre à celle qui est entrée dans les tissus par le jeu du métabolisme. Les figures 2 et 3 en donnent l'illustration.

III. — INTÉRÊT DE LA PÉRIODE BIOLOGIQUE DANS LES APPLICATIONS ÉCOLOGIQUES DU MARQUAGE

Le tableau 1 réunit l'ensemble des applications du marquage en entomologie qui font intervenir la mesure de la période biologique. Pour ce qui touche plus directement aux préoccupations écologiques, la littérature fait état de plusieurs modes d'utilisation distincts.

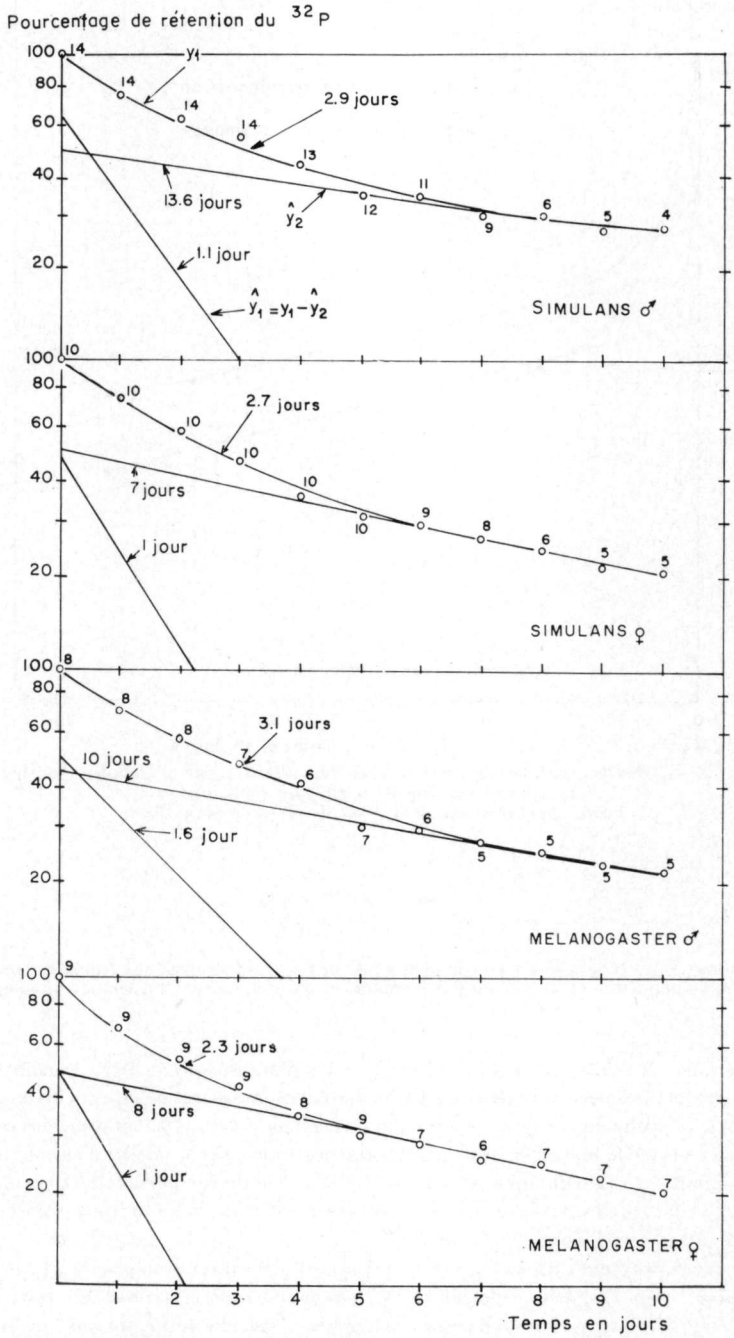


FIG. 1. — *Élimination du phosphore par la Drosophile totalement marquée*
Le nombre de déterminations à chaque intervalle de temps est mentionné au-dessus du point représentant la moyenne des logarithmes (d'après KING, 1954)

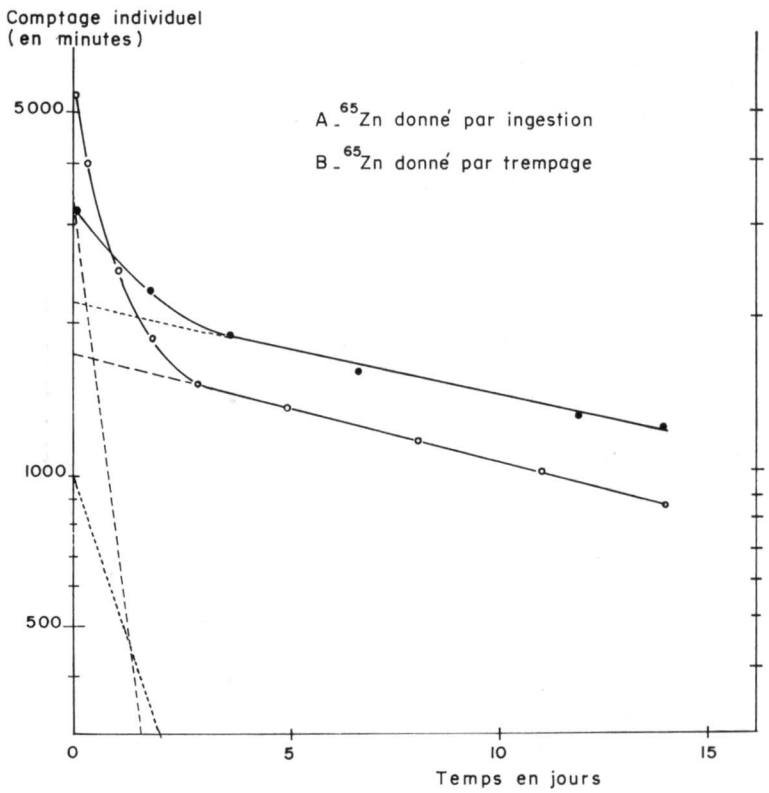


FIG. 2. — *Modèles typiques de l'excrétion de ^{65}Zn illustrés par 2 isopodes* (Idothea) *l'un marqué par ingestion d'algues contaminées, l'autre par trempage dans l'eau de mer contenant ^{65}Zn*

A_1 - - - - - - - - - - -
A_1 - - - - - - - - - - -
A_2 ●——————●
A_2 ○——————○

Deux compartiments se reconnaissent avec évidence : A^1 et B^1 correspondent aux fractions non assimilées, A_2 et B_2 correspondent à celles qui ont été assimilées et qui s'éliminent plus lentement (d'après ODUM, 1963).

Dans l'étude des relations entre les insectes et les plantes qui constitue le point de départ d'une action de lutte contre les espèces nuisibles, l'utilisation des radioéléments est la plupart du temps réservée à l'étude du comportement, de la dispersion et de la démographie des espèces. Les utilisateurs de ce type de marquage sont parfois amenés à mesurer la vitesse d'élimination afin de contrôler la validité de la technique, en particulier la durée de rémanence du traceur (DUSTAN, 1965 ; HUQUE, 1962 ; JENSEN, 1951 ; MARCHART, 1967 ; MITLIN, 1956 et 1965 ; MOHYEE, 1969 ; PELEG, 1966 ; RAHALKAR, 1965).

Avec le développement de l'écologie, les méthodes d'utilisation des radioisotopes sont exploitées plus à fond, sous l'impulsion de plusieurs chercheurs des États-Unis. En 1963, CROSSLEY publie un travail sur les transferts d'énergie dans un écosystème s'appuyant sur l'utilisation d'un couvert végétal marqué et la mesure de la radioactivité transmise à différentes espèces commensales. Les expériences sont conduites dans un ancien lit du lac d'Oak Ridge ayant servi de lieu de rejet des déchets radioactifs, recouvert ensuite par une végétation contaminée. Réalisant les

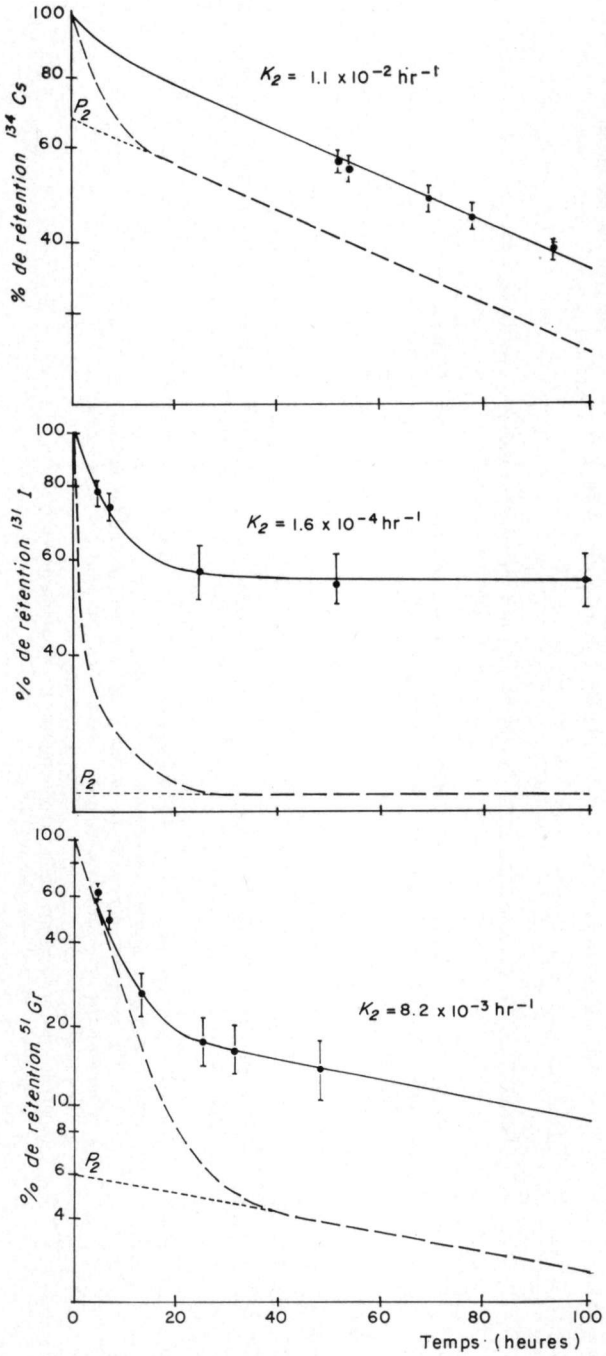


FIG. 3. — *Rétention biologique de radionuclides par le criquet* Acheta domesticus

Le trait plein montre la rétention après plusieurs ingestions (6 jours), points ± l'erreur standard. Les pointillés illustrent la rétention biologique attribuée dans le cas d'une seule ingestion du radioisotope. Ils sont tracés à partir de la pente K_2 des droites en trait plein et de P_2 tiré des essais à une seule ingestion (d'après VAN HOOK, 1969).

K_2 = coefficient d'élimination biologique
P_2 = p. 100 assimilé par les tissus de l'organisme

TABLEAU I

Intérêt de la période biologique dans les applications du marquage en entomologie

Discipline	Application du marquage	Utilisation de la période biologique	Sélection de documents d'intérêt général se rapportant au sujet
Physiologie	Métabolisme des éléments minéraux.	Mesure de la vitesse de renouvellement des éléments dans l'organisme.	O'Brien, 1964.
Radioécologie	Accumulation et élimination des éléments de fission dans la chaîne alimentaire.	Mesure de la vitesse d'accumulation et d'élimination.	Odum, 1959. Schultz et Klement, 1963.
Écologie :			
1° Écologie de la population	Étude du déplacement, du cycle de la dispersion, de la migration, du comportement.	Contrôle de la rémanence du marquage.	Mac Fayden, 1963. Southwood, 1966. A. I. E. A. 1966.
	Dynamique de la population.	*id.*	Jenkins, 1962 et 1963.
2° Biocénologie	Étude des rapports trophiques.	*id.*	Gangwère, 1964. Ghabbour, 1968.
3° Écologie de la production	Détermination du taux d'ingestion r d'un aliment marqué. Détermination du coefficient d'assimilation a d'un élément après ingestion unique du traceur.	Élément de calcul dans la relation $r \cdot a = K_e Q_e$ (1).	
	Contrôle de la consommation d'oxygène d'une espèce soumise aux fluctuations de l'environnement	Calcul des fractions assimilées et non assimilées s'éliminant à vitesse lente et rapide. Indice du métabolisme de l'espèce.	

(1) K_e constance de vitesse d'élimination.
Q_e concentration du radioisotope dans l'insecte à l'équilibre.

conditions propres à un état stationnaire (ROBERTSON, 1957), CROSSLEY exprime au moyen de la relation suivante :

$$r \cdot a = K_e Q_e \qquad (6)$$

que l'absorption du traceur dans l'insecte est compensée par son élimination. r est le taux d'ingestion, a est le coefficient d'assimilation du traceur ; Q_e est la quantité de radioisotope absorbé par l'insecte lorsque sa concentration dans l'organisme atteint un état d'équilibre — K_e est la constante de vitesse définie par la décroissance exponentielle de l'activité qui serait obtenue en replaçant l'insecte dans des conditions normales d'alimentation. Les expressions (3) et (4) permettront de relier K_e à la période biologique T_b.

La relation (6) permet de calculer le taux d'ingestion r d'une espèce dans son environnement naturel, en s'appuyant toutefois sur l'évaluation du coefficient d'assimilation et la détermination au laboratoire de la constante K_e.

Éprouvée avec succès sur les larves de coléoptères, la méthode de calcul du taux d'ingestion est appliquée à six espèces échantillonnées sur le terrain en tenant compte de la corrélation existant entre la période biologique de ^{137}Cs et la taille de chacune des espèces (fig. 4) et en adoptant une valeur pondérée de K_e. Les résultats indiquent une consommation moyenne de ces espèces de 0,23 g/m² par jour, ce qui représente 6 p. 100 de la biomasse pendant la saison de croissance des plantes.

VAN HOOK et CROSSLEY (1968) perfectionnent plus tard la méthode en introduisant la détermination expérimentale du coefficient d'assimilation à l'aide des éléments marqués. Suivant une démarche déjà adoptée en physiologie par KING (1955) et dont les possibilités sont mentionnées par ODUM en 1963, ils font ingérer pendant un seul repas du ^{137}Cs, ^{51}Cr et ^{131}I à des criquets et déterminent les fractions qui s'éliminent à vitesse lente et à vitesse rapide (fig. 3). Le coefficient d'assimilation calculé à partir de ces fractions est de 65 p. 100, 6 p. 100 et 21 p. 100 respectivement.

Dans le souci de boucler le bilan énergétique à l'intérieur d'une communauté en recherchant les quantités d'énergie dépensées à certains niveaux de la chaîne trophique, REICHLE (1967) met l'accent sur une ultime possibilité d'application de la période biologique qui consiste à l'utiliser comme un indice du métabolisme permettant de contrôler le taux de consommation d'oxygène d'une ou plusieurs espèces de parenté voisine, soumises aux fluctuations des facteurs de l'environnement naturel.

IV. — FACTEURS INTERNES ET EXTERNES AGISSANT SUR LA PÉRIODE BIOLOGIQUE

L'influence de certains facteurs sur la vitesse d'élimination des radioéléments est mise en évidence dès les premières applications des traceurs radioactifs en entomologie par JENSEN (1951). Dans le but de contrôler la persistance du marquage, il compare la décroissance de la radioactivité de mâles et de femelles appartenant à trois espèces de mouches, ayant ingéré du ^{32}P et soumis ensuite à deux types d'alimentation à base de lait ou de miel. A l'influence du sexe, de l'espèce et de la nourriture, s'ajoutent par la suite d'autres effets que les physiologistes et les écologistes mettent en lumière à la faveur de leurs travaux. Un aperçu synoptique de ceux-ci est présenté dans le tableau 2 qui reprend chaque espèce étudiée en indiquant le radioélément utilisé, les paramètres exerçant une action sur la vitesse d'élimination et éventuellement, la valeur de la période biologique obtenue par l'auteur ou évaluée d'après ses résultats. L'analyse plus détaillée du dossier permet de distinguer deux catégories de paramètres liés à l'individu, à la population et à l'espèce, ou bien d'origine externe comme la température et la composition alimentaire.

TABLEAU 2

Variation spécifique de la période biologique T_b des radioéléments en fonction de différents paramètres

Espèce	Isotope	Paramètre étudié	Tb en jours	Référence
Diptères :				
Lucilia sericata	^{32}P		29	Donelly, 1958.
Drosophila melanogaster ..	^{22}Na	Sexe :		Fairbanks, 1966.
		mâle	3,5	
		femelle	4,1	
	^{86}Rb	Concentration K, Na, sexe :		Fairbanks, 1968.
		témoin mâle	3,66	
		témoin femelle	4,25	
		Concentration Na × 6,5 :		
		mâle	2,14	
		femelle	3	
		Concentration K + Rb × 3 :		
		mâle	0,61	
		femelle	0,57	
	^{32}P		5,5	Iyengar, 1955.
	^{32}P	Sexe :		King, 1954 (1).
		mâle	10	
		femelle	8	
	^{32}P	Sexe :		King, 1955 (2).
		mâle	5,3	
		femelle	3,4	
	^{32}P	Type de nourriture, accouplement des mâles :		Oftedal, 1959 (1) (1).
		mâle accouplé, miel	3	
		mâle accouplé, levure	1,8	
		mâle non accouplé, miel	1,4	
		mâle non accouplé, levure	2,3	
Drosophila repleta	^{86}Rb	Concentration K, Na, sexe :		Fairbanks, 1968.
		témoin mâle	9,6	
		témoin femelle	9,6	
		Concentration Na × 8 :		
		mâle	5,2	
		femelle	6,4	
		Concentration K + Rb × 3 :		
		mâle	1,37	
		femelle	1,25	
Megalesia scalaris	^{86}Rb	Concentration K, Na, sexe :		Fairbanks, 1968.
		témoin mâle	2,1	
		témoin femelle	1,52	
		Concentration Na × 43 :		
		mâle	0,98	
		femelle	1,27	
		Concentration K + Rb, × 3 :		
		mâle	0,54	
		femelle	0,57	

(1) Valeur de Tb pour la cinétique (lente ou intermédiaire).
(2) Évaluation moyenne d'après les données de l'auteur.

TABLEAU 2 *(suite)*

Espèce	Isotope	Paramètre étudié	Tb en jours	Référence
Culex pipiens et Halesus interpunctatus	^{90}Sr	Complexant EDTA dans le		
	^{106}Ru	milieu.		GETSOVA, 1960.
	^{137}Cs			
	^{144}Ce			
Musca domestica	^{32}P	Type de nourriture, sexe :		JENSEN, 1951 (2).
		miel, mâle	4,5	
		miel, femelle	8,2	
		lait, mâle	1,6	
		lait, femelle	3,5	
	^{89}Sr	Sexe :		MITLIN, 1956.
		mâle	0,58	
		femelle	0,7	
	^{32}P		0,8	BABERS, 1956.
Callitroga macellaria	^{32}P	Type de nourriture, sexe:		JENSEN, 1951 (2).
		miel, mâle	4,5	
		miel, femelle	10,5	
		lait, mâle	1	
		lait, femelle	1,4	
Phaenicia pallescens	^{32}P	Type de nourriture, sexe		JENSEN, 1951 (2).
		miel, mâle	4,5	
		miel, femelle	8,5	
		lait, mâle	1,6	
		lait, femelle	3,5	
Drosophila simulans	^{32}P	Sexe :		KING, 1954.
		mâle	13,6	
		femelle	7	
Dacus dorsalis	^{32}P			ROAN, 1952.
Lépidoptères :				
Grapholita molesta	^{32}P		3	DUSTAN, 1965 (2).
Phyacia-c-nigrum	^{85}Sr	Stade de développement :		CAVALLORO, 1966.
		larve dernier stade	0,42	
		adulte	4,16	
	^{131}I	larve dernier stade	4,05	
		adulte	6,60	
	^{137}Cs	larve dernier stade	1,5	
		adulte	4,3	
Scotia segetum		Stade de développement ;		
	^{85}Sr	larve dernier stade	0,54	
		Adulte	4,50	
	^{131}I	larve dernier stade	3,3	
		adulte	6,8	
	^{137}Cs	larve dernier stade	0,66	
		adulte	4,67	
Triphaena pronuba		Stade de développement :		—
	^{85}Sr	larve dernier stade	0,42	
		adulte	4,70	
	^{131}I	larve dernier stade	3,32	
		adulte	7,1	
	^{137}Cs	larve dernier stade	0,66	
		adulte	4,16	

(1) Valeur de T_b pour la cinétique (lente ou intermédiaire).
(2) Évaluation moyenne d'après les données de l'auteur.

TABLEAU 2 *(suite)*

Espèce	Isotope	Paramètre étudié	Tb en jours	Référence
Thaumetopoea pityocampa	^{85}Sr	larve dernier stade	4,5	*id*
	^{131}I	larve dernier stade	7,5	
	^{137}Cs	larve dernier stade	6,55	
Coléoptères :				
Melolontha melolontha .	^{85}Sr	adulte	2,6	CAVALLORO, 1966.
	^{131}I	adulte	5,57	
	^{137}Cs	adulte	4	
Chrysomela knabi	^{137}Cs	Stade de développement âge :		CROSSLEY, 1963.
		larve	0,33	
		adulte	0,41	
		adulte âgé	0,31	
Anthonomus grandis ...	^{32}P	Sexe :		MITLIN, 1965.
		mâle	7,25	
		femelle	5,3	
Chilocorus bipustulatus.	^{32}P		10,5	PELEG, 1966.
Sphaeroderus stenostomus	^{137}Cs		3,2	REICHLE, 1968.
Popilius disjonctus	^{137}Cs		3,9	—
Evarthrus sodalis.....	^{137}Cs		4	—
Tenebrio molitor	^{65}Zn	Température :		ODUM, 1963.
		10°C	163	
		20°C	40	
		30°C	22	
	^{131}I	Métamorphose.		
Hyménoptères :				
Formica pratensis	^{131}I	Effet de groupe :		GOSSWALD, 1963.
		isolé	0,8	
		en groupe	1,83	
Myrmica scabrinodis ..	^{131}I	Effet de groupe :		
		isolé	3,46	
		en groupe	8	
Paravespula germanica.	^{198}Au	Structuration sociale, sexe :		MONTAGNER, 1964.
		mâle	1,3	
		ouvrière sur couvain	1,48	
		ouvrière isolée	0,27	
Habrobracon juglandis.	^{32}P	Ponte :		GROSCH, 1953.
		pondeuse	9	
		non pondeuse	16	
Phanerotoma flavitestacea	^{32}P			RAHALKAR, 1963.
Isoptères :				
Kalotermes flavicollis ..	^{131}I	Effet de groupe :		GOSSWALD, 1963.
		isolé	14,8	
		en groupe	24,2	
Orthoptères :				
Eyprepocnemis plorans.		Sexe, stade de développement :		MOHYÉE, 1969 (3).

(3) T_b Globale donnée par l'auteur.

TABLEAU 2 *(suite)*

Espèce	Isotope	Paramètre étudié	Tb en jours	Référence
	^{32}P	1r stade	7,7	*id*
		adulte mâle	23,7	
		adulte femelle	27,7	
	^{89}Sr	1r stade	1	
		adulte mâle	1,75	
		adulte femelle	1,53	
	^{131}I	1r stade	1,2	
		adulte mâle	9,5	
	^{131}Na	adulte femelle	11,0	
	^{22}Na	1r stade	0,75	
		adulte mâle	3,35	
		adulte femelle	4,9	
	^{46}Sc	1r stade	1,0	
		adulte mâle	1,56	
		adulte femelle	2,9	
	^{65}Zn	1r stade	2,65	
		adulte mâle	23,5	
		adulte femelle	28,0	
Acridien migrateur	^{192}Ir		5,8	COURTOIS, 1963.
Romalea microptera.....	^{137}Cs		4	CROSSLEY, 1963 *a*.
Melanoplus differentialis .	^{137}Cs		2,5	CROSSLEY, 1963 *b*.
	^{32}P		5,6	HUQUE, 1962.
Melanoplus femur rubrum..	^{32}P		7	—
	^{137}Cs		1,25	CROSSLEY, 1963 *a*.
Dichomorpha viridis	^{32}P		7	HUQUE, 1962.
Acheta domesticus	^{187}W		2	HAYE, 1968.
	^{137}Cs		2,58	VAN HOOK, 1967.
	^{131}I		167	—
	^{51}Cr		3,4	—
	^{137}Cs		4	REICHLE, 1968.
Ceutophilus gracilipes.....	^{137}Cs		0,5	—
Nemobius maculatus	^{137}Cs		2,5	—
Homoptères :				
Aphis fabae	^{137}Cs	Température :		CROSSLEY, 1964.
		8°C	1,74	
		18°C	0,96	
		28°C	0,46	
Megoura viciae	^{32}P	Stade de développement :		KLOFT, 1962 (1).
		larve	2,84	
		imago aptère	1,67	
Hémiptères :				
Triatoma infestans	^{59}Fe	Stade de développement :		DE FREITAS, 1961.
		5e stade	31	
		imago	16	
Panstrongilus megistus....	^{59}Fe	1r stade	40	—
Distantiella theobroma....	^{32}P		4,2	MARCHART, 1968.
Hétéroptères :				
Oncopeltus fasciatus	^{187}W		2,42	KAYE, 1968.
	^{65}Zn	Ponte, espace		ODUM, 1963.
		Jeûne, température		SCHLAGBAUER, 1968.
	^{32}P	—	6,5	
	^{131}I	—	80	
	^{86}Rb	—	2,41	
Phyrrhocoris apterus	^{32}P	—	15	—
	^{131}I	—	26	

TABLEAU 2 *(suite)*

Espèce	Isotope	Paramètre étudié	Tb en jours	Référence
	^{86}Rb	—	1,5	
Corixa punctata	^{32}P	—	2,5	*id*
Notonecta glauca	^{32}P	—	4	
Gerris lacustris	^{32}P	—	26	
Rhinocoris iracundus	^{131}I	—	195	
Rhodnius prolixus	^{32}P	—	3	
	^{131}I	—	24	
Dichtyoptères :				
Leucophaea madeira	^{32}P	Stade de développement :		HUQUE, 1962.
		nymphe 4_e stade	8,4	
		adulte	8,5	
Blatella germanica.....	^{89}Sr	Sexe :		MITLIN, 1965.
		mâle	3,25	
		femelle	0,95	
	^{32}P	Sexe :		BABERS, 1956.
		mâle	9	
		femelle	14	
Parcoblatta sp.	^{137}Cs		5,5	REICHLE, 1968.
Anoploures :				
Pediculus humanus	^{32}P		3	PIOTROWSKI, 1965.
Odonates :				
Plathémis lydia	^{65}Zn	Température, âge, espace.		KORMONDY, 1965.
Trichoptères :				
Limnephilus affinis	^{22}Na		0,62	SUTCLIFFE, 1961.
Isopodes :				
Idothea baltica	^{65}Zn		14	ODUM, 1963.
Armadillidium vulgare ..	^{137}Cs		28	REICHLE, 1963.
Armadillidium nasatum .	^{137}Cs		28	
Cylisticus convexus	^{137}Cs		30	
Metoponorthus pruinosis .	^{137}Cs		15	
Millipèdes :				
Dixidesmus erasus.....	^{137}Cs		2,4	
Cambala annulata	^{137}Cs		12	
Ptyoiulus impressus	^{137}Cs		20	
Arachnides :				
Schizocosa sp.	^{137}Cs		18	
Quelques mammifères :				
Rat du coton	^{137}Cs	Température :		BAKER, 1968.
		5°C	6,3	
		15°C	6,9	
		25°C	8,1	
Mus musculus sauvage élevé en laboratoire	^{65}Zn		12,5	GOLLEY, 1964 (2).
Mus musculus, lignée de laboratoire			18,5	

A. — *Facteurs liés à l'individu*

De nombreux travaux font apparaître l'influence du sexe sur la vitesse de renouvellement des éléments. Cependant cette influence ne se manifeste pas en faveur de l'un ou de l'autre. Par contre, il est possible d'attribuer une élimination plus rapide aux femelles pondeuses ainsi qu'aux mâles s'étant accouplés, vis-à-vis des individus sans activité de reproduction (GROSCH, 1953 ; OFTEDAL, 1959 ; ODUM, 1963). Cette différence s'explique par le passage du radioélément dans les œufs ou dans la semence et sans doute aussi par l'augmentation du métabolisme.

La variation de la période biologique en fonction du stade de développement, ne suit pas une règle bien définie. Selon les espèces, elle peut être significative ou non, adopter une allure croissante ou décroissante.

TABLEAU 3

Caractéristiques physiques des radioéléments inscrits dans le tableau 2

Radioélément	Nature des radiations émises	Période physique a : année, j : jour
^{22}Na	β, γ	2,58 a
^{32}P	β	14,3 j
^{46}Sc	β, γ	84 j
^{51}Cr	Capture K, γ	27,8 j
^{59}Fe	β, γ	45 j
^{65}Zn	Capture K, γ	245 j
^{86}Rb	β, γ	18,6 j
^{89}Sr	β, γ	51 j
^{90}Sr	β	28 a
^{106}Ru	β, γ	1 a
^{131}I	β, γ	8,05 j
^{137}Cs	β, γ	30 a
^{144}Ce	β, γ	285 j
^{187}W	β, γ	1 j
^{192}Ir	β, γ	74 j
^{198}Au	β, γ	2,7 j

Peu de données renseignent sur l'effet de l'âge. CROSSLEY (1963 *a*) fait toutefois ressortir le ralentissement de la perte de radioactivité de *Romales microptera* après 18 jours, qui concorde semble-t-il avec la réduction du métabolisme provoqué par la sénescence (fig. 4).

B. — *Facteurs liés à la population*

Deux exemples empruntés aux études sociologiques des espèces communautaires enrichissent l'inventaire des facteurs intrinsèques, en introduisant l'effet de groupe et de structuration sociale sur la période biologique.

Dans un travail sur les fourmis et les termites, GOSSWALD (1963) remarque que l'élimination de ^{131}I est plus lente chez les individus isolés que dans les groupes. Il attribue cette différence à une circulation moins grande de la nourriture et une économie plus faible de celle-ci. MONTAGNER (1964) parvient à des conclusions identiques avec des guêpes marquées à l'or 198 provenant de divers groupements sociaux.

C. — *Facteurs liés à l'espèce*

Les différences spécifiques de la période biologique sont maintes fois mises en évidence, mais on doit à CROSSLEY (1963 *a*) d'avoir formulé le premier une relation d'ordre général. Les physio-

logistes ont établi depuis longtemps une loi liant le métabolisme à la surface du corps, valable quel que soit le rang de l'organisme dans la classification. Recherchant par le biais du marquage un moyen d'étudier la quantité d'énergie utilisée par une collectivité d'insectes se nourrissant d'une végétation donnée, CROSSLEY remarque que la période biologique du césium 137 croît avec la taille des espèces échantillonnées (fig. 5). Plus tard, REICHLE (1968) reprend l'idée en remplaçant le poids, paramètre intermédiaire, par la consommation d'oxygène mesurant le métabolisme (fig. 6).

La dépendance qui existe entre le métabolisme général et le renouvellement des éléments n'est pas spéciale aux insectes. Elle s'étend aussi aux mammifères comme en témoignent plusieurs travaux. CROSSLEY (1963 *a*) indique que la relation période biologique/poids vérifie les données obtenues avec le même radioélément chez les Mammifères. GOLLEY (1964) établit une relation similaire avec plusieurs espèces de rongeurs. Enfin, BAKER (1967) trouve aussi une corrélation entre le métabolisme de base et la période biologique du césium chez le rat du coton soumis à différents régimes de température.

Si le métabolisme général représente un facteur spécifique essentiel, d'autres paramètres entrent également en jeu. CROSSLEY (1964) observe par exemple, que l'insecte suceur *Aphis fabae* présente une période biologique du césium qui ne suit pas la relation de poids obtenue avec les insectes mâcheurs. KAYE et CROSSLEY (1968) retrouvent plus tard l'influence du mode d'alimentation dans le cas de ^{187}W et l'expliquent en faisant intervenir le mécanisme de conservation des ions dont sont dotés les insectes suceurs. Dans le même contexte, SCHLAGBAUER (1968) note une différence d'élimination de ^{131}I et ^{32}P selon que les punaises étudiées sont herbivores, omnivores ou carnivores.

D. — *Facteurs climatiques*

Parmi ces facteurs, la température est celui qui exerce l'action la plus directe sur le métabolisme des insectes. Pour chiffrer cette dépendance, les physiologistes déterminent habituelle-

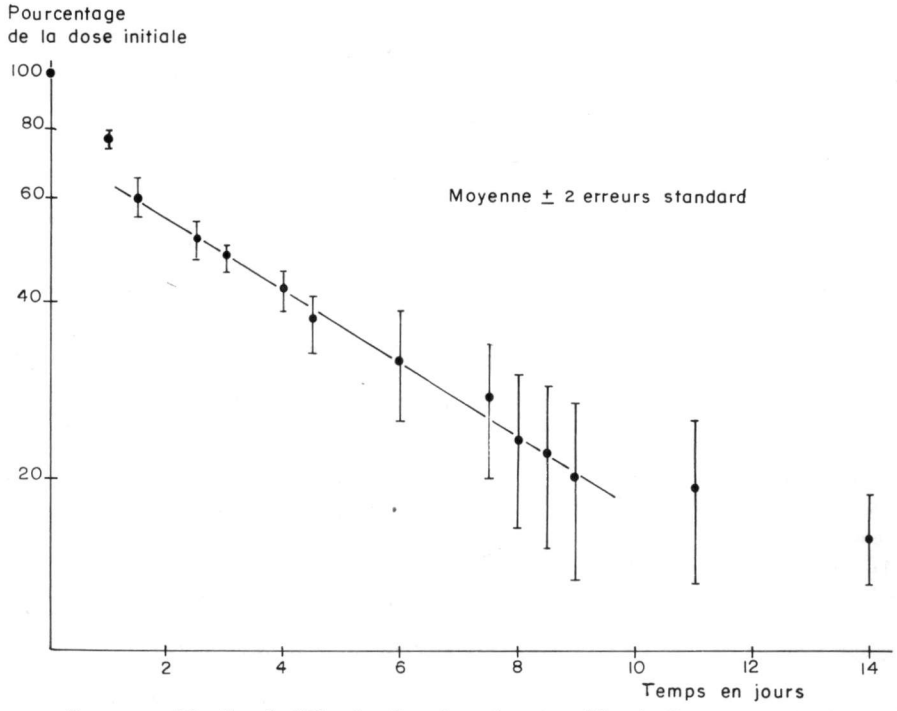


FIG. 4. — *Rétention du ^{137}Cs chez* Romalea microptera (d'après CROSSLEY, 1963 *a*)

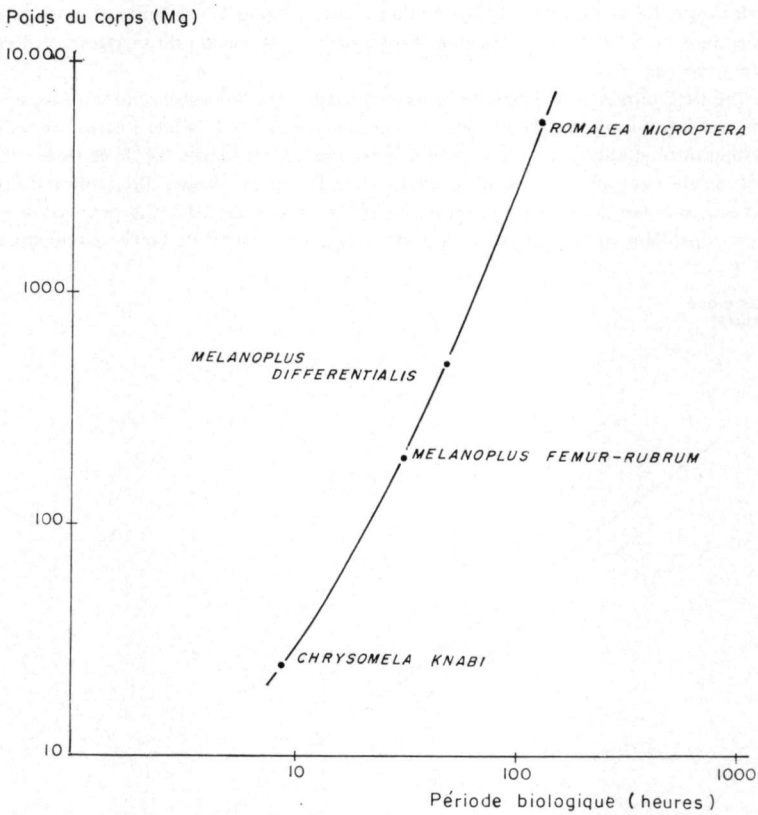


FIG. 5. — *Relation entre le poids de l'insecte et la période biologique du césium* (d'après CROSSLEY, 1963 *a*)

ment le coefficient Q_{10} qui représente l'augmentation de la consommation d'oxygène pour une élévation de température de 10°C par analogie avec la loi de VAN'T'HOFF ($Q_{10} = 2$) applicable aux réactions chimiques (ROCKSTEIN, 1964).

Dans le cadre de leurs travaux en écologie, CROSSLEY et REICHLE observent que les valeurs du Q_{10} proches de 2, s'appliquent parallèlement à la variation du métabolisme et à celle de la période biologique du césium 137 dans le cas de plusieurs espèces telles que *Aphis fabae* (CROSSLEY, 1964). *Dixidesmus erasus* (REICHLE et CROSSLEY, 1965). *Armadillidium vulgare* et *Cylisticus convexus* (REICHLE, 1967). ODUM (1963) rend compte d'un effet similaire de la température sur la période biologique de ^{65}Zn chez *Tenebrio molitor*.

E. — *Facteurs liés à la nourriture*

La nourriture, source d'énergie de tout organisme vivant, qui règle dans la nature son comportement et ses déplacements, représente un facteur de tout premier plan qui semble moins mobiliser l'attention des écologistes américains ayant fourni l'essentiel de la documentation sur l'utilisation de la période biologique.

JENSEN (1951) souligne cependant l'importance de l'effet sur l'élimination de ^{32}P, de la concentration du phosphore dans l'alimentation. Dans un essai très voisin, OFTEDAL (1959) parvient aux mêmes conclusions. FAIRBANKS (1968) donne des résultats moins qualitatifs en présen-

tant une relation entre la période biologique du rubidium 86 et la concentration du potassium et du rubidium dans la nourriture, le traceur étant choisi ici en raison de sa parenté physiologique avec le potassium (fig. 7).

En marge de l'influence majeure de la concentration qui fait intervenir un mécanisme régulateur de la nutrition adaptant la vitesse de renouvellement de l'élément à son abondance dans la source alimentaire, d'autres facteurs peuvent intervenir. FAIRBANKS (1968) en donne un exemple dans une étude de l'action de l'équilibre ionique Na-K sur la vitesse d'excrétion du potassium. GETSOVA (1960) montre pour sa part, qu'un complexant comme l'EDTA peut favoriser l'élimination de certains éléments lorsqu'il est apporté au milieu nutritif de larves aquatiques.

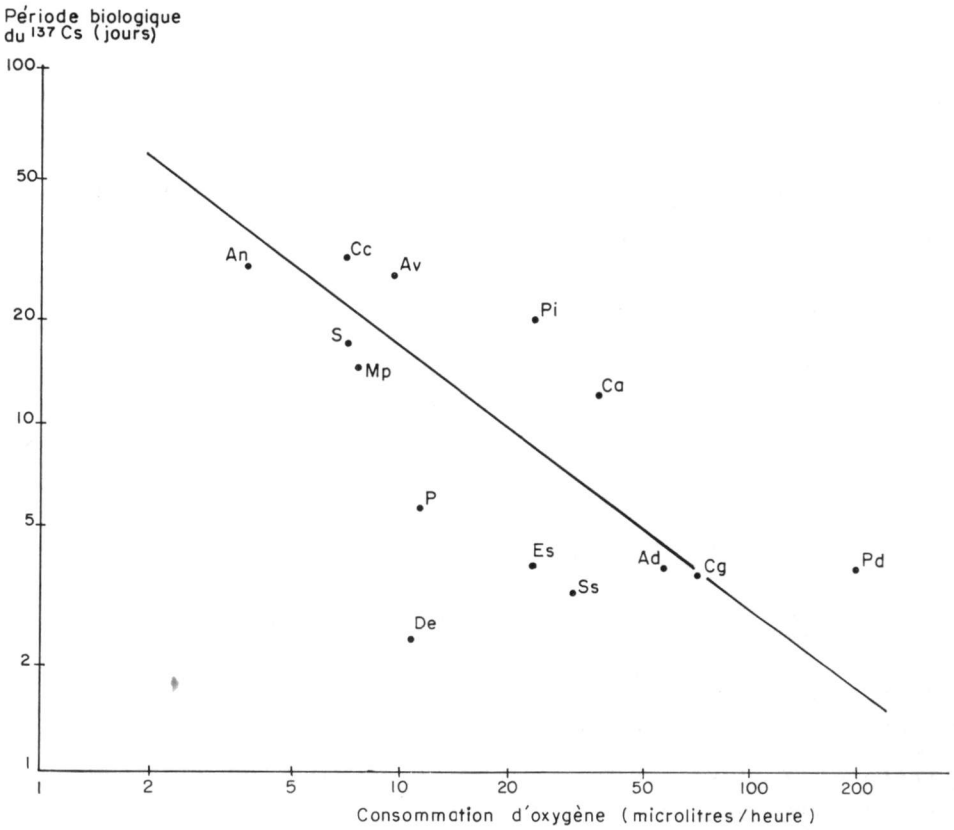


FIG. 6. — *Corrélation entre la période biologique du ^{137}Cs et le métabolisme* (microlitre d'oxygène/heure) *de différents arthropodes de litière de forêt*
Température 20°C ; pente de la courbe = — 0,75 ± 0,273 (d'après REICHLE, 1968)

L'examen de l'ensemble des paramètres que nous venons d'énumérer met en lumière l'action de deux mécanismes régulateurs de la vitesse de renouvellement des radioéléments qui sont les suivants :

1. Le métabolisme du traceur dans l'organisme qui fait intervenir les paramètres agissant sur la fonction de nutrition, en particulier la composition de l'aliment.

2. Le métabolisme général dans lequel toutes les fonctions sont impliquées, qui dépend de l'activité motrice ou reproductrice et qui répond à des lois physiologiques bien établies, telles que la loi de surface et la loi du coefficient de température.

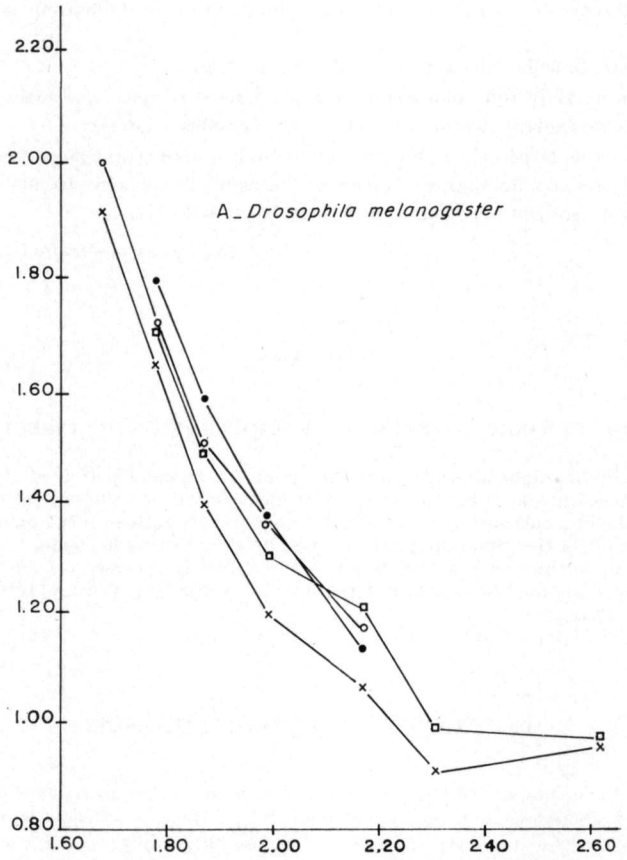


FIG. 7. — *Relation logarithmique entre la période biologique de* ^{86} *Rb chez la Drosophile adulte et la concentration de K et de Rb dans leur nourriture* (d'après FAIRBANKS, 1968)

(Ordonnée : Log période biologique (heures) ; Abscisse : Log concentration (mM/Kg) K ou K + Rb dans la nourriture).

V. — CONCLUSION

La revue des travaux de tendances diverses, traitant de la période biologique chez les Insectes, donne l'occasion de souligner un certain nombre de points dont la technique de marquage peut tirer profit.

1. La notion attachée au terme période biologique, repose sur l'interprétation mathématique donnée à la décroissance de la radioactivité dans l'insecte. Dans le cas le plus simple, une seule exponentielle traduit cette décroissance et définit sans ambiguïté la période biologique. La situation se complique pour une courbe représentative composée, caractérisée soit par une période biologique globale, soit par plusieurs grandeurs définies en fonction des constantes de vitesse des exponentielles simples composantes. La comparaison des résultats indiqués par différents auteurs, devient alors délicate.

2. D'un point de vue physiologique, la période biologique peut être définie comme étant une caractéristique spécifique et sexuelle de l'individu d'un âge donné, accomplissant une fonction

déterminée, placé dans des conditions connues d'alimentation et d'environnement biotique ou climatique.

Cette définition appelle deux remarques d'ordre pratique :

— la mesure de la période biologique destinée à telle ou telle application écologique n'a qu'un sens relatif dépendant des dispositions expérimentales adoptées.

— L'utilisation de la période biologique comme indice permettant de suivre le métabolisme d'une espèce soumise aux fluctuations du milieu nécessite le contrôle attentif des paramètres d'origine alimentaire susceptibles d'agir sur le métabolisme du traceur.

Reçu pour publication en mai 1970.

SUMMARY

THE BIOLOGICAL PERIOD OF RADIOELEMENTS IN INSECTS

The present bibliographical study, to light about the biogical period of the radioelements in insects, lays stress on the definition of the biological period, its advantagee in the ecological applications of labelling and on the internal or external factors acting on the biological period.

A conspectus offers the different species studied by giving the radioelements used, parameters having an action upon the speed of elimination, and eventually the value of the biological period get by the authors. The analysis of the different works evoqued let draw practical conclusions for the technic of labelling.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. I. E. A., 1963. Radioisotopes and ionizing radiations in entomology. *Bibliographical series* (9).

A. I. E. A., 1965. Radioisotopes and ionizing radiations in entomology. *Bibliographical series* (15).

A. I. E. A., 1966. Laboratory training manual on the use of isotopes and radiation in entomology. *I. A. E. A.* Vienne 1966, TRS nº 61.

A. I. E. A., 1967. Radioisotopes and ionizing radiations in entomology. *Bibliographical series* (24).

Babers F. H., 1956. The fate of radiophosphorus ingested by house flies and german coakroaches. *J. econ. ent.*, **49**, 820-822.

Baker C. E., 1969. Retention of ^{134}Cs as an index to metabolism in the cotton rat (*Sigmodon hispidus*), *Health Physics*, **16**, 227-230.

Cavalloro R., 1966. Data on the accumulation, distribution and elimination of ^{85}Sr, ^{131}I, and ^{137}Cs in various insect species. *Radioecological concentration processes. Symposium de Stockholm*, avril 1966. 601-608.

Courtois G., Lecomte J., 1963. Quelques emplois des radioéléments et des rayonnements en entomologie. *A. I. E. A. Colloque d'Athènes*, avril 1963, 5-23.

Cramer H. H., 1967. La protection des plantes et des récoltes dans le monde. *Pflanzenschutz Nachrichten* « Bayer », **20**, 1.

Crossley D. A., 1963 *a*. Use of radioactive tracers in the study of insect. Plant relationships. *A. I. E. A Colloque d'Athènes*, avril 1963, 43-54.

Crossley D. A., 1963 *b*. Consumption of vegetation by insects. *Radioecology*, 427-430.

Crossley D. A., 1964. Biological half life for radiocesium in aphids. *O. R. N. L.* nº 3697, oct. 1964, 74.

De Freitas J. R., 1961. Some data on the rate of iron elimination in triatomids measured by radioactive Iron. *Bull. O. M. S*, **25**, 274-276.

Donelly J., 1958. Methods for the study of blowfly populations. *Ann. appl. Biol.*, **46** (2), 143-253.

Dustan G. G., 1965. Tagging the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* with radioactive phosphorus for flight and dispersal studies. *Canad. Ent.*, **97**, 810-816.

Fairbanks L. D., 1966. Turnover of radiosodium in *D. melanogaster* adults of different ages. *J. insect physiol.*, **12**, 591-599.

Fairbanks L. D., 1968. Whole body turnover of K traced by radio Rb in adult *Drosophila* and *Megaselia*. *J. insect. physiol.*, **14**, 819-830.

GHABBOUR S. I., 1968. Methods for the utilization of radioisotopes in the study of ecosystems. *Rev. ecol. Biol. Sol.*, **5**, 245-263.

GANGWERE S. K., 1964. Methods of marking insects with especial reference to orthoptera. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **57**, 662-669.

GETSOVA A. B., 1960. On the elimination of radioactive isotopes in some aquatic invertebrates. *Proc. 11th Intern. Congr. Entomol.*, Vienne (août 1960), **1**, 744-746.

GOLLEY F. B., 1965. Excretion of oraly administred ^{65} Zn by wild small mammals. *Health Physics*, **11**, 719-722.

GOSSWALD K., KLOFT W., 1963. Tracer experiments of food exchange in ants and termites. *A. I. E. A. Colloque d'Athènes*, avril 1963, 25-42.

GROSCH D. S., 1953. The fate of radio phosphorus ingested by *Habrobracon* females. *Biol. Bull.*, **105**, 296-307.

HUQUE H., 1962. Studies on the persistence, decay and distribution of ^{32}P in grasshoppers and the madeira cockroach. *A. I. E. A. Colloque de Bombay*, décembre 1960, 155-162.

IYENGAR R., 1955. Sur l'excrétion de ^{32}P chez *Drosophila melanogaster* et *Gryllus domesticus*. *C. R. Acad. Sci.*, **241**, 823-824.

JENKINS D. W., 1962. Radioisotopes in ecological and biological studies of agricultural insects. *A. I. E. A. Colloque de Bombay* (décembre 1960), 3-21.

JENKINS D. W., 1963. Use of radio nuclides in ecological studies of insects. *Radioecology*, 431-443.

JENSEN J. A., 1951. Tagging of adult house flies and flesh with radioactive phosphorus. *Amer. J. trop. Med.*, **31**, 523-530.

KAYE S. V., CROSSLEY D. A., 1968. Radiotungsten retention by two insects. *Health Physics*, **14**, 162-165.

KING R. C., 1954. Studies with ^{32}P in Drosophila. IV. Experiments on flies homogeneously labelled with ^{32}P *J. exp. Zool.*, **126**, 401-417.

KING R. C., 1955. Studies with radiophosphorus in drosophila. V. The phosphorus balance of adult females. *J. Exp. Zool.*, **130**, 71-82.

KLOFT W., 1962. Studies on the assimilation and excretion of labelled phosphate in aphids. *A. I. E. A., Colloque de Bombay*, décembre 1960, 181-190.

MAC FADYEN A., 1963. *Animal Ecology. Aims and methods.* Pitman Londres.

MARCHART H., 1968. Étude des prédateurs de *Distantiella theobroma* au moyen d'un radio indicateur. *A. I. E. A., Colloque de Vienne*, décembre 1967, 3-15.

MITLIN N., 1956. The action of radio strontium in the house fly and the german Coack roach. *J. econ. Entomol.*, **49**, 714-715.

MITLIN N., 1965. Elimination rate and effect on reproduction of ingested radiophosphorus in the Boll Weevil (*Anthonomus grandis*). *J. econ. Entomol.*, **58**, 119-121.

MOHYEE M. I., 1969. Tagging of *Eyprepocnemis plorans* (Orthopt) with radio active isotopes for ecological studies. *Z. angew. Entomol.*, **63**, 301-312.

MONTAGNER H., 1964. Comment caractériser le transit intestinal chez les guêpes sociales, les conséquences biologiques. *C. R. Acad. Sci.* Paris, **259**, 2016-2019.

O'BRIEN R. D., 1964. *Radiation, radioactivity, and insects.* Academic Press, New York.

ODUM E. P., 1959. *Fundamentals of ecology.* Saunders, Philadelphie, Londres.

ODUM E. P., GOLLEY F. B., 1963. Radioactive tracers as an aid to the measurement of energy flow at the population level in nature. *Radioecology*, 403-410.

OFTEDAL P., 1959. A study of the retention and the mutagenic mode of action on radioactive phosphorus in *Drosophila melanogaster*. *Hereditas*, **45**, 245-331.

PELEG B. A., 1966. A method of ^{32}P labeling of the armored and Soft Scale predator. *Israel J. agric. Res.*, **16**, 97-98.

PIOTROWSKI F., 1965. Retention of ^{32}P in the body of the human louse, *Pediculus humanus*. *Acta Physiol.*, **16**, 435-439.

RAHALKAR G. W., 1965. A comparison of procedures for marking adult endoparasitic wasps with ^{32}P, *J. econom. Entomol.*, **58**, 278-281.

REICHLE D. E., CROSSLEY D. A., 1965. Radiocesium dispersion in a cryptozoan food web. *Health phys.*, **11**, 1375-1384.

REICHLE D. E., 1967. Radioisotope turnover and energy flow in terrestrial isopod populations. *Ecology*, **48**, 351-366.

REICHLE D. E., CROSSLEY D. A., 1967. Investigation on heterotrophic productivity in forest insects communities. *Proc. working meeting on principles and methods of secondary productivity of terrestrial ecosystems*, Warsaw.

REICHLE D. E., 1968. Relation of body size to food intake, oxygen consumption and trace element metabolism in forest floor arthropods. *Ecology*, **49**, 538-542.

ROAN C. C., 1952. Tagging oriental fruit flies with radioactive phosphorus for field movement studies. *J. econ. Entomol.*, **45**, 826-828.

ROBERTSON J. S., 1957. Theory and use of tracers in determining transfer rates in biological systems. *Physiol. Rev.*, **37**, 133-154.

ROCKSTEIN M., 1964. *The physiology of insecta.* III volumes. Academic Press, New York.

SCHLAGBAUER A. W., 1968. Résultats supplémentaires de la mesure des périodes biologiques des indicateurs radioactifs. *Intern. J. appl. Rad. Isotopes*, **19**, 757-763.

SCHULTZ V., KLEMENT A. W., 1963. *Radioecology.* Reinold Publishing Corporation.

SOUTHWOOD T. R. E., 1966. *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations.* Methuen and Co, Londres.

VAN HOOK R. I., CROSSLEY D. A., 1969. Assimilation and biological turnover of ^{134}Cs, ^{131}I, ^{51}Cr, in brown cricket *Acheta domesticus* L. *Health Phys.*, **16**, 563-547.

Ann. Zool. Écol. anim., 1970, **2** (3), 471.

CHRONIQUE DES LIVRES

HUSSON (R.). — GLOSSAIRE DE BIOLOGIE ANIMALE. — 2e édition, Paris, Gauthier-Villars, éd., 1970, 300 p.

Pour tous ceux qui s'intéressent, de près ou de loin, aux Sciences biologiques, ce glossaire constitue un élément indispensable.

En effet, les Sciences biologiques font de plus en plus appel à une terminologie précise, et, il faut bien le dire, rébarbative pour celui qui veut s'initier à ces problèmes.

Le but de ce glossaire est donc de permettre au non-spécialiste aussi bien qu'à l'étudiant de comprendre et d'utiliser un vocabulaire technique particulier dont la connaissance est indispensable pour la compréhension de la Biologie.

Les termes spéciaux les plus couramment utilisés sont réunis dans ce glossaire, accompagnés d'une définition et d'une explication précise ainsi que de la racine étymologique qui bien souvent éclaire la signification du vocabulaire et en justifie l'emploi.

L'auteur a volontairement allégé ce glossaire en éliminant les termes de zoologie descriptive pour ne conserver que les termes biologiques. D'autre part, lorsqu'un terme a été défini, les adjectifs s'y rapportant ne sont pas inclus.

Ce glossaire comporte la liste bibliographique des ouvrages spécialisés ayant servi à son établissement. Pour la mise à jour de cette deuxième édition, la littérature la plus récente (juillet 1969 inclus) a été utilisée.

WILDE (J.) et SCHOONHOVEN (L. M.) ed. — INSECT AND HOST PLANT. PROCCEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM, HELD AT WAGENINGEN (NETH.), 2-5 JUNE, 1969. — Amsterdam, London, North-Holland Publishing Company, 1969, 810 p.

Les relations insectes plantes-hôtes constituent un des éléments fondamentaux de l'étude des dommages causés par les insectes. Une meilleure connaissance des facteurs déterminant l'interaction insecte-plante est nécessaire pour protéger les plantes cultivées par des moyens autres que les insecticides. Divers aspects de ces relations, tels que la sélection des aliments et des lieux de ponte, les processus sensoriels intervenant dans la reconnaissance des plantes, les actions des plantes sur les insectes, la formation de galles, les besoins alimentaires, la mise au point de régimes artificiels, ainsi que la sélection des plantes pour la résistance aux insectes ont été abordés dans cet ouvrage groupant 28 communications présentées lors de 2e symposium international sur les insectes et les plantes hôtes.

COMPTES RENDUS DU 4e SYMPOSIUM DE L'ORGANISATION INTERNATIONALE DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES ANIMAUX ET LES PLANTES NUISIBLES (O. I. L. B.) SUR LA LUTTE INTÉGRÉE EN VERGERS. Avignon 9-12 septembre 1969. — Unesco-U. I. S. B.-O. I. L. B., 1970, 190 p.

Le 4e symposium du groupe de travail de l'O. I. L. B. sur la lutte en vergers a réuni 113 participants provenant de 17 pays.

Le 4e symposium s'est déroulé autour de trois thèmes principaux. Au cours de la première session d'une demi-journée, présidée par MM. G. MATHYS et G. BRIOLINI, on a fait un tour d'horizon des résultats obtenus dans les différents pays européens en matières de lutte intégrée en vergers et on a analysé les aspects économiques qui découlent de l'application de ces programmes de lutte. Au cours d'une deuxième session, qui a duré une journée entière et a été présidée par MM. W KLETT et P.-J. CHARLES (première partie) et par MM. M. MARTELLI et H. AUDEMARD (deuxième partie), on s'est penché sur les principaux ravageurs des vergers, en prenant soin de mettre en évidence, pour chacun d'eux, les points faibles des programmes de lutte envisagés jusqu'à nos jours. Une troisième session d'une demi-journée, présidée par MM. J. DE WILDE et R. MURBACH, a été dédiée à l'étude des effets secondaires des traitements chimiques sur la faune des vergers.

La publication des comptes rendus a été réalisée grâce au concours de l'O. I. L. B., de l'Unesco, et de l'Union Internationale des Sciences biologiques (U. I. S. B.).

CONTENTS

P. ANGLADE. — Method of control of the European Corn borer (*Ostrinia nubilalis* HBN.). Proceedings of the activity of the working group « European corn borer » 303

M. STENGEL. — A method for forecasting the damages of *Ostrinia nubilalis* HUBNER (Lepidopt. *Pyralidae*) and control in the fields of Alsace plain 309

J.-C. CAYROL. — Study of the mechanism of insemination in the mycophagous nematode *Ditylenchus myceliophagus* (J. B. GOODEY, 1958) 327

H. ABDUL-NOUR. — The *Strepsiptera, Homoptera* parasites in southern France. Description of a new species : *Halictophagus agalliae* n. sp. 339

M. CANARD. — Incidences of the alimentary value of several aphids (*Homoptera, Aphididae*) on the multiplication rate of *Chrysopa perla* (L.) (*Neuroptera, Chrysopidae*) 345

C. BÉNASSY, G. EUVERTE. — Note on the action of two species of *Aphytis* as biological control agents of two *Citrus* coccids (*Aonidiella aurantii* MASK. and *Chrysomphalus dictyospermi* MORG.) in Morocco 357

B. DELOBEL. — *Galleria mellonella* L. as a laboratory host to *Phryxe caudata* ROND. (Dipt. *Larvaevoridae*), parasite of *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF. 373

H. CHEVIN. — Bioecology of *Aglaostigma aucupariae* (KLUG.) (Hym. *Tenthredinidae*) 381

L. BONNEMAISON. — Comparative tests with colored and light traps 391

H. LE LOUARN, F. SPITZ, G. GROLLEAU. — *Microtus arvalis* PALLAS in the Briançonnais (France) 423

H. LE LOUARN, F. SPITZ, B. DASSONVILLE. — Ecological distribution of small mammals in the forests of Briançon area (France) 427

Bibliographical reviews

R. RAHN. — Sex attractancy in Insects : main biological data and various applications of sex pheromones 433

L.-A. BUSCARLET. — The biological period of radioelements in Insects 551

Book reviews 471

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Le manuscrit doit être dactylographié sur papier format 21 × 27, avec un double interligne, au recto seulement. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et graphiques, etc.

Au début de chaque mémoire, on indiquera : — *le titre du mémoire :* il ne devra pas comporter d'abréviations ni de formules chimiques (sauf pour les isotopes) ; — *le nom des auteurs*, précédé des initiales du prénom pour les hommes, du prénom complet pour les femmes ; — *le nom des techniciens* ayant collaboré à l'étude relatée, précédé de la mention : avec la collaboration technique de... ; — *le nom de l'établissement*, dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan ci-dessous :
a) *résumé* suffisamment précis (250 mots maximun) pour que sa lecture renseigne sur la nature du travail et son importance ; b) *introduction* dans laquelle on indique l'objet des recherches entreprises en relation avec les travaux déjà effectués dans le domaine ; c) *techniques expérimentales et matériel utilisé*, en donnant, sous une forme concise, tous les détails nécessaires pour que le lecteur puisse répéter les expériences ; d) *résultats*, à présenter de la manière la plus brève possible ; e) *discussion et conclusion ;* f)) *résumé* anglais ou destiné à être traduit en anglais comportant une analyse *complète* de l'article ; g) *remerciements* pour les collaborateurs, les fonds les dons...; h) *références bibliographiques.*

Les travaux originaux en anglais doivent présenter la même composition que les mémoires rédigés en français, mais ils comportent obligatoirement un résumé français très *complet.* Les figures, graphiques, tableaux et photographies seront sous-titrés en français.

Pour les autres documents (notes, mises au point, revues,rapports, etc.) l'auteur devra suivre un plan logique et le mettre en évidence par une titration appropriée.

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (Dupont et Duval, 1954). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de *et al.* A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, et par ordre de dates pour un même auteur.

Pour les articles : le (s) nom (s) de (s) auteur (s) suivi (s) des initiales du (des) prénom (s) ; la date de parution de l'article ; le titre de l'article (dans la langue originale pour l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et en français dans tous les autres cas, avec indication entre parenthèses de la langue d'origine, sauf si l'auteur étranger a sous-titré dans l'une des quatre langues mentionnées) : le titre du périodique en abrégée selon la *World List of Scientific Periodicals*, ou le *Bulletin Signalétique du C. N. R. S.* ; le volume ; la première et la dernière page de l'article.

Pour les ouvrages : le nom de l'auteur avec les initiales du prénom ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage dans la langue originale, sans abréviations (pour les langues utilisant des alphabets autres que l'alphabet latin, la traduction du titre sera donnée entre parenthèses, avec mention de la langue d'origine) ; le volume ; la première et la dernière page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés, et, si l'on cite l'ouvrage en entier, le nombre de volumes et le nombre total de pages ; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Si l'ouvrage est collectif, on indiquera en plus le nom de l'auteur du chapitre cité, le nom des rédacteurs principaux, précédé de la mention « in », le titre de l'ouvrage.

La mention de « communications personnelles » ou « données non publiées » etc. doit être faite entre parenthèses. Lorsque l'auteur a relevé une référence dans une revue d'« Abstracts », le mentionner à la fin de la référence, entre parenthèses.

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies, doivent être fournis à part. Les tableaux et figures doivent faire l'objet de deux numérotations distinctes, en chiffres arabes l'une et l'autre.

Les auteurs peuvent disposer leurs tableaux soit dans le sens de la largeur de la revue, soit dans le sens de la longueur. Dans le sens de la largeur, le total des signes et des espaces disponibles est de 100. Dans le sens de la longueur, il est de 155. Les tableaux en longueur, c'est-à-dire ceux pouvant disposer de 155 signes, ne seront admis que s'ils comprennent plus de 8 lignes de chiffres, de manière qu'une page entière de la revue ne soit pas occupée par un tableau très long et très étroit. Les graphiques ne doivent pas faire double emploi avec les tableaux.

Les légendes et les énoncés des graphiques et dessins doivent être dactylographiés sur feuille séparée et porter les numéros des figures.

Les graphiques, schémas, cartes, dessins d'appareils seront envoyés *à l'état de projets*, leur exécution définitive étant confiée au Bureau de Dessin de l'I. N. R. A. Seules deux réductions à l'impression sont admises : *soit* × 0,5, *soit* × 0,25.

Il est rappelé que le format utile des *Annales* est : 12,5 × 19,5 cm ; ces dimensions ne doivent pas être dépassées.

Photographies : Il est recommandé de fournir des épreuves bien contrastées sur papier blanc, et de préférence en format 9 × 12. Si les photographies doivent être associées pour constituer des planches, on adoptera les normes suivantes : 2 photos 9 × 12,4 photos 9 × 5,5,6 photos 5,5 × 5,5. Dans ce cas, chaque photo devra porter un numéro en chiffres arabes visible après clichage.

Les légendes des photographies doivent être dactylographiées sur feuilles séparées et porter les numéros des figures.

Correction des épreuves : les auteurs recevront une épreuve à corriger.

Envoi du manuscrit : M. Biliotti, Centre national de Recherches agronomiques, 78 - Versailles, France. On demande deux exemplaires.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

PÉRIODIQUES

TARIF DES ABONNEMENTS POUR 1970	France	Étranger	Le N°
ANNALES AGRONOMIQUES, 6 nos par an	125 F	135 F	25 F
ANNALES DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE PHYTOPATHOLOGIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOLOGIE - ÉCOLOGIE ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE ZOOTECHNIE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE TECHNOLOGIE AGRICOLE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE BIOLOGIE ANIMALE, BIOCHIMIE, BIOPHYSIQUE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DES SCIENCES FORESTIÈRES, 4 nos par an	75 F	80 F	25 F
ANNALES DE GÉNÉTIQUE ET DE SÉLECTION ANIMALE, 4 nos par an	100 F	110 F	35 F
ANNALES DE RECHERCHES VÉTÉRINAIRES, 2 nos par an	42,90 F	42,90 F	21,45 F
ANNALES D'HYDROBIOLOGIE, 2 nos par an	32,24 F	32,24 F	16,12 F

APIDOLOGIE, 4 nos par an — Abonnement : France : 30 F
Étranger sauf R. F. A. : 35 F
— Le numéro : France : 9 F
Étranger sauf R. F. A. : 10 F

PUBLICATIONS NON PÉRIODIQUES

Prix T. T. C.

Recherches d'économie et de sociologie rurales :

N° 1; n° 2; le numéro : ..... **10,77 F**
Souscription pour les 4 premiers numéros : ..... **33,66 F**

Recherches vétérinaires :

N° 1; n° 2; n° 3; le numéro : ..... **21,45 F**

Recherches d'hydrobiologie continentale :

Le n° 1 : ..... **16,12 F**

DERNIERS OUVRAGES PARUS

Comptes rendus de la 4e Conférence trisannuelle de l'Association européenne pour la Recherche sur la pomme de terre, Brest, 8-13 septembre 1969.

298 p., 1970 ..... **48,37 F**

Colloques franco-soviétique sur l'utilisation des entomophages, Antibes, mai 1968.

134 p., 1970 ..... **35,00 F**

Symposium sur la physiologie de la coquille de l'œuf.

280 p., 1970 ..... **70,00 F**

Carte pédologique de France au 1/100.100. Vichy — L 15 et notice explicative par J.-C. Favrot.

160 p., 1970 ..... **53,75 F**

Recherches sur l'induction expérimentale de naissances gémellaires chez les bovins.

157 p., 1970 ..... **40,00 F**

Essai de classification et de nomenclature des virus, par **H. Lapierre et D. Spire.**

110 p., 1969 ..... **35,00 F**

Deuxième Congrès de l'Union phytopathologique méditerranéenne, Avignon-Antibes, 21-27 septembre 1969.

470 p., 1969 ..... **90,00 F**

Colloque sur les manifestations inflammatoires et tumorales chez les Invertébrés, Versailles, 19 décembre 1967.

134 p., 1969 ..... **40,00 F**

Les techniques de mycologie en pathologie végétale, par **F. Rapilly.**

107 p., 1968 ..... **15,00 F**

Applications de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des Pêches continentales, publié sous la direction de **R. Vibert.**

276 p., 1968 ..... **35,00 F**

Les demandes d'abonnements et les commandes doivent être adressées au Service des Publications de l'Institut national de la Recherche agronomique, route de Saint-Cyr, 78 - Versailles.
Règlement : par chèque bancaire à l'ordre du Régisseur des Publications de l'I. N. R. A., par virement postal à son compte courant : 9064-43 Paris, sans mentionner d'adresse, ou par bons U. N. E. S. C. O.
Les demandes peuvent être souscrites également par l'intermédiaire des libraires dans les conditions habituelles.
A Paris, bureau de vente : 11, rue Jean-Nicot, 7e.

TABLES DES MATIÈRES

P. ANGLADE. — Mise au point d'une méthode de lutte contre la Pyrale du Maïs (*O. nubilalis* HBN). Compte rendu d'activité du groupe de travail Pyrale du Maïs 303

M. STENGEL. — Une méthode de prévision des dégâts de la Pyrale du Maïs (*Ostrinia nubilalis* HUBNER, Lépidopt. *Pyralidae*). Mise au point de la lutte dans les cultures de la plaine d'Alsace 309

J.-C. CAYROL. — Étude de l'insémination chez le nématode mycophage *Dytilenchus myceliophagus* (J. B. GOODEY, 1958) 327

H. ABDUL-NOUR. — Les Strepsitères parasites d'Homoptères dans le sud de la France. Description d'une nouvelle espèce : *Halictophagus agalliae* n. sp. 339

M. CANARD. — Incidences de la valeur alimentaire de divers pucerons (*Homoptera, Aphididae*) sur le potentiel de multiplication de *Chrysopa perla* (L.) (*Neuroptera, Chrysopidae*) 345

C. BÉNASSY, G. EUVERTE. — Note sur l'action de deux espèces du genre *Aphytis* en tant qu'agents de lutte biologique contre deux Coccides des *Citrus* (*Aonidiella aurantii* MASK. et *Chrysomphalus dictyospermi* MORG.) au Maroc 357

B. DELOBEL. — *Galleria mellonella* L., hôte de remplacement pour *Phryxe caudata* ROND. (Dipt. *Larvaevoridae*) parasite de *Thaumetopoea pityocampa* SCHIFF..... 373

H. CHEVIN. — Bioécologie d'*Aglaostigma aucupariae* (KLUG.) (Hym. *Tenthredinidae*)..... 381

L. BONNEMAISON. — Essais comparatifs de pièges colorés et lumineux 391

H. LE LOUARN, F. SPITZ, G. GROLLEAU. — Le Campagnol des champs *Microtus arvalis* PALLAS dans le Briançonnais 423

H. LE LOUARN, F. SPITZ, B. DASSONVILLE. — Répartition écologique des rongeurs dans les forêts de la région de Briançon (Hautes-Alpes) 427

Mises au point bibliographiques.

R. RAHN. — L'attraction sexuelle chez les Insectes : données biologiques générales et possibilités d'application des phéromones sexuelles 433

L.-A. BUSCARLET. — La période biologique des radioéléments chez les Insectes 451

Chronique des livres 471

Contents see page 473

Les Annales de Zoologie - Écologie animale figurent dans Current Contents

I. N. 00. 360 17. 5